

LAURA INHA
RIITTA KETTUNEN
KIMMO HELL

Maanteiden hulevesien laatu

TUTKIMUSRAPORTTI



Laura Inha, Riitta Kettunen, Kimmo Hell

Maanteiden hulevesien laatu

Tutkimusraportti

Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 12/2013

Liikennevirasto

Helsinki 2013

Kannen kuva: Juha Pyydysmäki, Ramboll Finland Oy

Verkkajulkaisu pdf (www.liikennevirasto.fi)

ISSN-L 1798-6656

ISSN 1798-6664

ISBN 978-952-255-228-0

Liikennevirasto

PL 33

00521 HELSINKI

Puhelin 020 637 373

Laura Inha, Riitta Kettunen, Kimmo Hell: Maanteiden hulevesien laatu. Liikennevirasto, väylätekniikkaosasto. Helsinki 2013. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 12/2013. 49 sivua ja 13 liitettä. ISSN-L 1798-6656, ISSN 1798-6664, ISBN 978-952-255-228-0.

Avainsanat: maantiet, pintavesi, pohjavesi, laatu, tutkimus

Tiivistelmä

Projektissa selvitettiin maanteiden hulevesien haitta-aineiden määrän ja koostumuksen vuodenaikavaihtelua Suomen maanteillä vuosien 2011–2012 aikana. Hulevesien haitta-ainepitoisuuksille ei ole määritelty raja-arvoja Suomen lainsäädännössä. Tässä projektissa hyödynnettiin pinta- ja pohjavesille annettuja ympäristön laatonormeja sekä talousveden laatuvaatimuksia ja -suosituksia arvioitaessa liikennemääriltään erilaisten maanteiden hulevesien laadun vaikutuksia pinta- ja pohjavesiin.

Maanteiden hulevesien laadun selvittämiseksi valittiin viisi näytteenottopistettä asfalttipäällysteisiltä, liikennemääriltään erilaisilta maanteiltä. Näytteenottopisteet valittiin sen perusteella, että niiden läheisyydessä oli liikenteen automaattinen mittausasema. Lisäksi näytteenottopisteet keskitettiin mahdollisimman lähelle toisiaan, mikä mahdollisti säätilan seurannan ja näytepisteiden nopean tavoitettavuuden. Tutkimukseen valittiin neljä maantiekohdetta ja lisäksi yksi vertailukohde, vähän liikennöity asfalttitie, jossa liikenteen ja teollisen toiminnan vaikutuksen ei oletettu näkyvän hulevesien laadussa.

Tavoitteena oli ottaa ja analysoida vuoden aikana 10 näytettä jokaiselta näytteenottopisteeltä. Näytteistä tutkittiin aineita, joita tiedettiin aikaisempien tutkimusten ja kirjallisuusselvitysten perusteella löytyvän hulevesistä. Lisäksi tutkittiin aineita, joita ei ollut aiemmin kattavasti tutkittu maanteiden hulevesistä, mutta joita oletettiin hulevesistä löytyvän. Yhteensä tutkittiin noin 100 ainetta ja ominaisuutta. Ensisijaisena näytteenottomenetelmänä käytettiin maanteiden asfalttipinnan reunaan asennettavaa kourua, jota pitkin sadevesi ohjautui näyteastiaan. Lisäksi näytteitä otettiin sadevesikaivoon asetetun näytteenottoastian avulla ja hyödyntäen maantiesillan "tippaputkea".

Tutkituista aineista ja ominaisuuksista kaikkiaan 11:n pitoisuus ylitti talousveden laatuvaatimukset ja -suositukset tai pohjaveden ympäristölaatonormin jossakin näytepisteessä. Erityisesti kiintoainetta, tiettyjä metalleja, klorideja ja öljyhiilivetyjä huuhtoutuu maanteiden hulevesien mukana huomattavia määriä. Myös fosforia ja typpeä huuhtoutuu ajoittain merkittävästi. Ylittyneiden parametrien osalta tutkittiin myös, voidaanko hulevesinäytettä suodattamalla laskea haitta-ainepitoisuuksia. Lisäksi tutkimuksessa analysoitiin haitta-ainepitoisuuksiin vaikuttavina tekijöinä muun muassa lämpötilaa ja sademäärää, liikennemäärää ja liukkaudentorjuntaa.

Tulosten perusteella kiintoaineen erotus näyttää mahdolliselta tavalta parantaa hulevesien laatua. Lämpötilalla, sademäärällä, liikennemäärällä ja liukkaudentorjunnalla katsotaan olevan suoria tai epäsuoria vaikutuksia hulevesien laatuun. Tämän tutkimuksen tuloksiin vaikuttaa hyvin monia tässä tutkimuksessakin mainittuja osatekijöitä, joista osan, esimerkiksi renkaista irtoavan kumin, vaikutuksia on haastava arvioida. Lisäksi tämän tutkimuksen tulosten tarkastelussa on otettava huomioon eri virhelähteet. Tehdyn tutkimuksen kokemusten perusteella näytteenottomenetelmistä siltojen "tippaputket" ovat luotettavin ja helpoin menetelmä maanteiden hulevesien laatua tutkittaessa.

Laura Inha, Riitta Kettunen, Kimmo Hell: Kvaliteten på dagvattnen på landsvägarna. Trafikverket, infrastrukturteknik. Helsingfors 2013. Trafikverkets undersökningar och utredningar 12/2013. 49 sidor och 13 bilagor. ISSN-L 1798-6656, ISSN 1798-6664, ISBN 978-952-255-228-0.

Sammandrag

I projektet utreddes årstidsvariationen av mängden och sammansättningen av skadliga ämnen i dagvatten på landsvägar i Finland 2011–2012. Finlands lagstiftning fastställer inga gränsvärden för halterna av skadliga ämnen i dagvatten. I detta projekt användes miljökvalitetsnormerna för yt- och grundvatten samt kvalitetskraven och kvalitetsrekommendationerna för hushållsvatten för att uppskatta vilken inverkan kvaliteten på dagvattnet på olika landsvägar har för yt- och grundvattnet.

För att utreda kvaliteten på dagvattnet på landsvägarna utvaldes fem provtagningsställen på asfaltbelagda vägar med olika trafikmängder. Ett kriterium vid valet av provtagningsställen var att det skulle finnas en automatisk trafikmätningstation i närheten. Provtagningsställena koncentrerades dessutom så nära varandra som möjligt, vilket gjorde det möjligt att observera väderleken och snabbt nå provtagningsställena. Till undersökningen valdes fyra landsvägsobjekt och ett jämförelseobjekt, som var en asfaltväg som hade låga trafikmängder och där konsekvenserna av trafik och industriell verksamhet inte väntades vara synliga i dagvattnets kvalitet.

Målet var att ta och analysera 10 prover från varje provtagningsställe under året. I proverna undersöktes ämnen som man utifrån tidigare undersökningar och litteraturstudier visste att förekom i dagvatten. Dessutom undersöktes ämnen som tidigare inte hade undersökts i heltäckande omfattning i dagvatten på landsvägar, men som man antog skulle finnas i dagvattnet. Sammanlagt undersöktes cirka 100 ämnen och egenskaper. Den primära provtagningsmetoden byggde på en ränna som installerades i kanten av landsvägarnas asfaltbeläggning. Regnvattnet styrdes längs rännan till provbehållaren. Dessutom togs prover med hjälp av en provtagningsbehållare som placerats i en regnvattenbrunn och med hjälp av ett rör för droppvatten på en landsvägsbro.

Halten av sammanlagt 11 undersökta ämnen och egenskaper överskred antingen kvalitetskraven och -rekommendationerna för hushållsvatten eller miljökvalitetsnormen för grundvatten på något provtagningsställe. Dagvattnet på landsvägarna sköljer med sig avsevärda mängder särskilt av fasta partiklar, vissa metaller, klorider och kolväten. Tidvis sköljer det också med sig avsevärda mängder av fosfor och kväve. Gällande de överskridna parametrarna undersöktes också om det är möjligt att minska halterna av skadliga ämnen genom att filtrera dagvattenproverna. I undersökningen analyserades även bland annat temperaturer, regnmängder, trafikmängder och halkförebyggande åtgärder som faktorer som påverkar halterna av skadliga ämnen.

På basis av resultaten verkar det vara möjligt att förbättra dagvattnets kvalitet genom att filtrera de fasta partiklarna. Temperaturen, regnmängden, trafikmängden och de halkförebyggande åtgärderna anses ha direkt eller indirekt inverkan på dagvattnets kvalitet. Ett stort antal delfaktorer, som också nämns i denna undersökning, inverkar på undersökningens resultat. En del av dessa är svåra att bedöma, t.ex. effekterna av gummit som lossnar från däck. Dessutom måste man ta olika felkällor i beaktande då man granskar resultaten i denna undersökning. Rören för droppvatten på broarna är, utgående från erfarenheterna av den utförda undersökningen, den pålitligaste och enklaste metoden för att undersöka kvaliteten på dagvattnet på landsvägarna.

Laura Inha, Riitta Kettunen, Kimmo Hell: Quality of the runoff water from roads. Finnish Transport Agency, Infrastructure technology. Helsinki 2013. Research reports of the Finnish Transport Agency 12/2013. 49 pages and 13 appendices. ISSN-L 1798-6656, ISSN 1798-6664, ISBN 978-952-255-228-0.

Summary

The project studied the seasonal variation in the composition and amount of harmful substances on Finnish roads during 2011–2012. No limit values have been defined in the Finnish laws for the concentration of harmful substances in runoff water. This project used the environmental standards for surface and groundwater quality as well as quality requirements and recommendations for domestic water in evaluating the effects of the quality of runoff water from roads with different amounts of traffic on the surface and groundwater.

In order to investigate the quality of the runoff water from the roads, five sampling points were selected from roads surfaced with asphalt and with different amounts of traffic. The sampling points were selected based on their proximity to an automatic traffic measurement point. In addition, the sampling points were placed as close to each other as possible, which made it possible to monitor the weather conditions and to reach the sampling points quickly. Four road locations were selected for the study with one reference point, a low traffic asphalt road where the effects of traffic and industrial activity were not expected to be present in the quality of the runoff water.

The goal was to take and analyse 10 samples from each sampling point during one year. The samples were tested for substances that were known to be present in runoff water based on previous studies and literature reviews. In addition, substances that were expected to be found in runoff water but that had not been previously extensively studied in runoff water from roads were also studied. There were approximately 100 different substances and properties studied altogether. A gutter installed into the edge of the asphalt surface of the road through which the rainwater was channelled into a sampling container was used as the primary sampling method. In addition, samples were taken with the help of a sampling container in a street inlet and by taking advantage of the “drip pipe” installed in a highway bridge.

The concentration of a total of 11 substances and properties studied exceeded either the quality requirements and recommendations for domestic water or the environmental quality standard for groundwater in one of the sampling points. Significant amounts of especially solids, certain metals, chlorides and petroleum hydrocarbons are washed from the roads with the runoff water. From time to time significant amounts of phosphorus and nitrogen are also washed from the roads. With regard to the exceeded parameters, the possibility of lowering the concentration of harmful substances by filtering the runoff water sample was also studied. In addition, factors that could have an effect on the concentrations of detrimental elements, such as temperature, amount of rainfall, amount of traffic and de-icing of roads were analysed in the study.

The results show that a possible means of improving the quality of runoff water would be to separate the solids. Temperature, amount of rainfall, amount of traffic and de-icing of roads are considered to have a direct or indirect impact on the runoff water quality. The results of this study are affected by many factors, which are also mentioned in this study. The impact of some of these is difficult to assess, e.g. rubber deposits from tire wear. When examining the results of this study, different sources of errors must be taken into consideration. Based on the results of the study, the easiest and most reliable of all sampling methods of examining the quality of runoff water are the “drip-pipes” installed in bridges.

Esipuhe

Työhön osallistuivat seuraavat henkilöt ja yhteisöt

Liikennevirasto

Pamela Ek	ylitarkastaja, projektipäällikkö
Susanna Koivujärvi	ympäristöasiantuntija
Raija Merivirta	kehittämispäällikkö
Tuomo Viitala	yksikön päällikkö
Tuula Säämänen	ympäristöpäällikkö
Sami Petäjä	hankinnan asiantuntija
Sari Lajunen	lakimies
Arto Hovi	yksikön päällikkö

SYKE

Taina Nystén	yksikön päällikkö, haitalliset aineet
--------------	---------------------------------------

Uudenmaan ELY-keskus

Arto Kärkkäinen	ympäristövastaava, liikenne ja infrastruktuuri
-----------------	--

Ramboll Finland Oy

Kimmo Hell	vesihuollon toimialapäällikkö, suunnittelupäällikkö
Riitta Kettunen	ryhmäpäällikkö, asiantuntija, vesi- ja ympäristötekniikka
Marko Turkki	yksikön päällikkö, liikenneväylät
Laura Inha	suunnittelija, hulevedet
Esa Karjalainen	näytteenotto, Uusimaa
Hannu Harmoinen	näytteenotto, Pirkanmaa
Juha Pyydysmäki	näytteenotto, Pirkanmaa

Helsingissä toukokuussa 2012

Liikennevirasto

Väylätekniikkaosasto

Sisällysluettelo

1	JOHDANTO	9
2	TUTKIMUSSUUNNITELMA JA NÄYTTEENOTON TOTEUTUS	10
2.1	Näytteenottopisteiden valinta	10
2.1.1	Näytteenottopisteiden tarkempi sijainti	11
2.2	Tutkittavien aineiden valinta	12
2.3	Näytteenottomenetelmät	12
2.3.1	Näytteenottomenetelmien vertailu	16
3	TULOSTEN TARKASTELU- JA ANALYSOINTIMENETELMÄT	19
3.1	Graafinen analyysi	19
3.2	Tilastollinen analyysi	20
4	NÄYTETULOKSIIN VAIKUTTAVIA OSATEKIJÖITÄ	21
4.1	Lämpötila ja sademäärä	21
4.2	Liikennemäärä	23
4.3	Liukkauden torjunta	25
4.4	Muita näytetuloksiin vaikuttavia osatekijöitä	28
5	NÄYTTEENOTTOTULOSTEN VERTAILU AINERYHMITÄIN	29
5.1	Laatusuositukset, -vaatimukset ja -normit ylittävät parametrit	30
5.1.1	Yleiset fysikaalis-kemialliset parametrit	30
5.1.2	Raskasmetallit	31
5.1.3	Muut alkuaineet	32
5.1.4	Öljyhiilivedyt	33
5.1.5	Polysykliset aromaattiset hiilivedyt (PAH)	34
5.1.6	Fenoliset yhdisteet	34
5.2	Laatusuositukset, -vaatimukset ja -normit alittavat parametrit	35
5.3	Suodatuksen vaikutus laatuvaatimukset, -suositukset ja -normit ylittäviin parametreihin	36
5.4	Osatekijöiden vaikutus näytetuloksiin aineryhmittäin	37
5.4.1	Sademäärä ja lämpötila	37
5.4.2	Liikennemäärä	38
5.4.3	Liukkaudentorjunta	38
6	NÄYTTEENOTTOPISTEIDEN KESKINÄINEN VERTAILU	40
6.1	Osatekijöiden vaikutus näytetuloksiin näytteenottopisteittäin	43
6.1.1	Sademäärä ja lämpötila	43
6.1.2	Liikennemäärä	43
6.1.3	Liukkauden torjunta	43
7	HULEVEDEN LAADUN MUUTOKSET SATEEN AIKANA	44
8	TULOSTEN ARVIOINTI JA PÄÄTELMÄT	46
9	JATKOTOIMENPITEET	48
	KIRJALLISUUSLUETTELO	49

LIITTEET

Liite 1	Liukkauden torjunnassa käytetty suolamäärä eri hoitoluokan teillä
Liite 2	Näytteenoton tulokset ja laatuvaatimukset, -suositukset ja normit, Kehä I
Liite 3	Näytteenoton tulokset ja laatuvaatimukset, -suositukset ja normit, Sarankulma
Liite 4	Näytteenoton tulokset ja laatuvaatimukset, -suositukset ja normit, Ylöjärvi
Liite 5	Näytteenoton tulokset ja laatuvaatimukset, -suositukset ja normit, Kangasalan tie
Liite 6	Näytteenoton tulokset ja laatuvaatimukset, -suositukset ja normit, Aitoniementie
Liite 7	Suodatuksen vaikutus eri aineiden pitoisuuksiin
Liite 8	Näytteiden keskiarvot ja keskihajonnat
Liite 9	Osatekijöiden vaikutus näytetuloksiin paikkakohtaisesti
Liite 10	Näytteenottotulokset näytekerroittain
Liite 11	Käytetyt analyysimenetelmät ja määrittämisraajat
Liite 12	Haitta-ainepitoisuuksien muutokset sateen aikana
Liite 13	Näytteen 10/10: A, B, C ja D tulokset – Kehä I (eli pitkän sateen näyte sarja)

1 Johdanto

Projektissa selvitettiin maanteiden hulevesien haitta-aineiden määrän ja koostumuksen vuodenaikaisvaihtelua Suomen maanteillä vuosien 2011–2012 aikana. Näytteitä otettiin liikennemääriltään erilaisilta teiltä, tavoitteena saada tutkimustietoa muun muassa liikennemäärän ja vuodenaikojen vaikutuksesta maanteiden hulevesien laatuun.

Hulevesien haitta-aineille ei ole määritetty Suomen lainsäädännössä erillisiä raja-arvoja. Pinta- ja pohjavesille on annettu ympäristön laatunormit, jotka koskevat eräitä ympäristölle ja terveydelle haitallisia aineita. Näiden laatunormien sekä talousveden laatuvaatimusten ja -suositusten avulla arvioitiin liikennemääriltään erilaisten maanteiden vaikutuksia pinta- ja pohjavesien laatuun projektista saatujen hulevesien laatutietojen pohjalta.

2 Tutkimussuunnitelma ja näytteenoton toteutus

2.1 Näytteenottopisteiden valinta

Maanteiden hulevesien laadun selvittämiseksi valittiin viisi näytteenottopistettä asfalttipäällysteisiltä, liikennemääriltään erilaisilta maanteilta (keskivuorokausiliikenne KVL <100–90000).

Näytteenottopisteet pyrittiin valitsemaan siten, että näytepisteen läheisyydessä olisi LAM-asema (Liikenteen automaattinen mittausasema), jolloin tarkat liikennemäärät olisivat tiedossa. Hyvin vähän liikennöidyillä asfalttiteillä ei useinkaan sijaitse LAM-asemia. Näytteenottopisteiden keskittäminen tietylle alueelle mahdollisti tarkan säätilan seurannan ja tarvittaessa näytepisteiden nopean tavoitettavuuden. Pisteitä valittaessa huomioitiin, ettei sen läheisyydessä (0,5–1 km) ole merkittäviä ilmapäästöjä tuottavia laitoksia (esim. energialaitosta), joiden laskeuma voisi vaikuttaa teiden hulevesipäästöihin.

Tutkimukseen valittiin neljä tiekohteita ja lisäksi vertailukohde, vähän liikennöity asfalttite, jossa liikenteen ja teollisen toiminnan vaikutuksen ei oletettu näkyvän huleveden laadussa. Valitut näytepisteet, niiden tieluokka keskivuorokausiliikennemäärä ja nopeusrajoitus on esitetty taulukossa 1. Tarkempi näytteenottopaikkojen sijainti on esitetty luvussa 2.1.1.

Taulukko 1. Näytteenottopisteiden sijainti, tieluokka, keskivuorokausiliikenne (KVL) ja nopeusrajoitus.

Maakunta	Kohteen sijainti	Tieluokka	KVL	Nopeusrajoitus [km/h]
Uusimaa	Helsinki, Kehä I	Maantie	90 000	80
Pirkanmaa	Tampere, Sarankulma Läntinen kehä Vt3	Moottori- liikennetie	40 000	80
Pirkanmaa	Ylöjärvi, Kt 65	Maantie	15 000– 20 000	80
Pirkanmaa	Kangasala, Kangasalantie	Taajamatie	10 000	60
Pirkanmaa	Tampere, Aitolahti, Aito- niementie	Vähän liikennöity asfalttite	50–100	60

Tavoitteena oli ottaa ja analysoida vuoden aikana 10 näytettä jokaiselta näytteenottopaikalta. Näytteenotto toteutettiin syyskuun 2011 ja syyskuun 2012 välisenä aikana.

Näytteitä saatiin seuraavasti:

- | | |
|------------------------------|--|
| – Kehä I, Uusimaa: | 10 näytettä, joista 8. näyte kaksoisnäyte "suodatettu-suodattamaton" ja 10. näyte 4 näytettä sisältävä pitkän sateen näyte |
| – VT3 Sarankulma, Pirkanmaa: | 7 näytettä |
| – KT65 Ylöjärvi, Pirkanmaa: | 7 näytettä |
| – Kangasalantie, Pirkanmaa: | 7 näytettä |
| – Aitoniementie, Pirkanmaa: | 5 näytettä |

Näytteet kerättiin arkipäivisin työajan puitteissa. Pirkanmaalla ei saavutettu 10 näytteen tavoitetta, koska käytettyjen näytteenottomenetelmien vuoksi näytteisiin tarvittavan vesimäärän saamiseksi tarvittiin pidempiä ja rankempia sateita kuin Kehä I:llä. Aitolahdessa valtaosa hulevesistä imeytyi tien sivuun ennen kuin se johtui keräyskouruun (Näytteenottomenetelmät luku 2.3). Lisäksi riittävän rankat sateet ajoittuvat usein viikonloppuihin ja työajan ulkopuolelle.

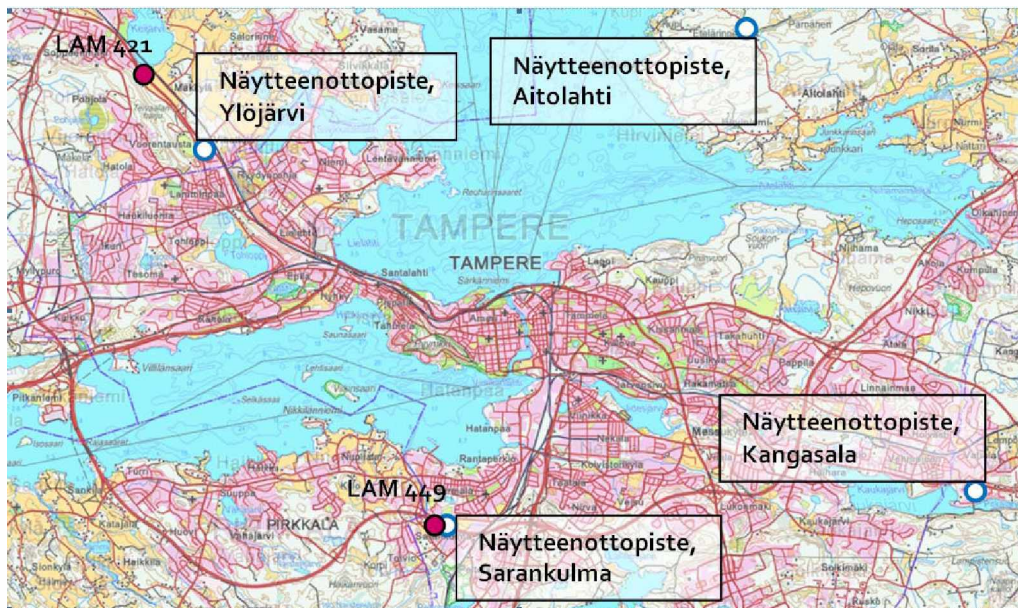
2.1.1 Näytteenottopisteiden tarkempi sijainti

Kehä I:n (Mt 101) näytteenottopiste sijaitsi Uudellamaalla, Helsingin Länsi-Pakilan LAM-aseman 146 läheisyydessä, kohdassa, jossa Hämeenlinnanväylä alittaa Kehä I:n (kuva 1). Hämeenlinnanväylän keskivuorokausiliikenne Kehä I:n pohjoispuolella on n. 70 000 ajoneuvoa vuorokaudessa.



Kuva 1. Näytteenottopisteen sijainti Uudellamaalla LAM-aseman läheisyydessä, maantiellä jonka KVL on 90 000.

Loput neljä näytteenottopistettä sijaitsivat Pirkanmaalla (kuva 2): Sarankulmassa, Tampereen läntisellä kehätiellä (Vt 3); Ylöjärvellä, kantatiellä 65 Teivon raviradan liittymän läheisyydessä; Kangasalalla, Kangasalantiellä 339, Tampereen kaupungin rajan tuntumassa ja Aitolahdessa Aitoniementiellä, joka on päättävä tie.



Kuva 2. Näytteenottopisteet ja LAM-asemat Pirkanmaalla.

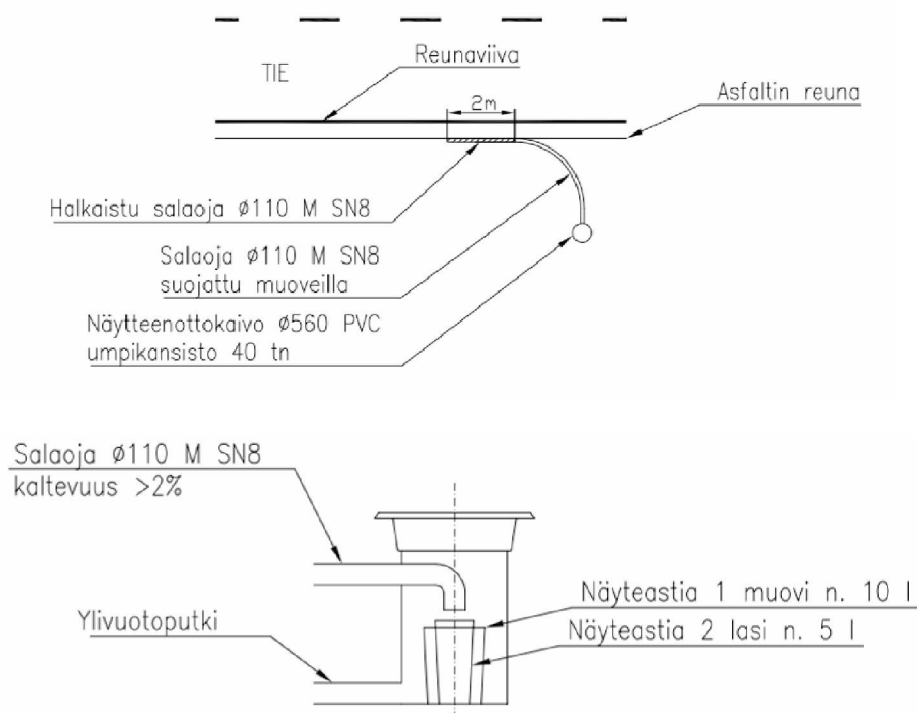
LAM asemat sijaitsivat Sarankulmassa (nro 449, Tre_Sarank_VT3) ja Ylöjärvellä (nro 421, Ylöjärvi).

2.2 Tutkittavien aineiden valinta

Näytteenottoon valittiin aineita, joita tiedettiin aiempien tutkimusten ja kirjallisuusselvitysten (mm. Jokela 2008) perusteella löytyvän maanteiden hulevesistä. Lisäksi valittiin aineita, joita ei ole kattavasti tutkittu maanteiden hulevesistä, mutta joita oletettiin hulevesistä löytyvän. Yhteensä tutkittiin yli 100 erilaista ainetta (liite 10). Suurimmasta osasta valittuja aineita on annettu ympäristön laatunormit pinta- ja pohjavesille (Pinta- ja pohjaveden ympäristön laatunormit, VNa 1040/2006 muutoksineen).

2.3 Näytteenottomenetelmät

Ensisijaiseksi näytteenottomenetelmäksi valittiin Jokelan (2008) esittämä menetelmä. Näytteenotto suoritettiin kuukausittain (lukuun ottamatta helmikuuta, jolloin valuntaa ei ollut) aivan maanteiden asfalttipinnan reunasta. Näytteenottimena käytettiin Jokelan kuvaamaa kourua, jota pitkin sadevesi ohjautui näyteastiaan (kuva 3).



Kuva 3. Periaatekuva tien viereen asennettavasta näytteenottokourusta ja -kaivosta.

Kouruja/keräimiä pitkin hulevesi ohjautui erilliseen keräyskaivoon. Kaivo sijoitettiin siten, että siihen ei ohjautunut muualta kuin maantieltä tulevia hulevesiä. Kaivo tyhjennettiin jokaisen näytteenoton jälkeen, jotta aiemmin kaivoon kertyneet hulevedet eivät vaikuttaisi uusien muodostuvien hulevesien laatuun. Keräyskaivoissa oli 10 litran muoviämpäri, jonka sisässä oli 5 litran lasiastia. Lasiastian täytyessä loppuosa vesistä valui muoviämpäriin. Astiat on järjestetty niin, etteivät muoviämpäriin vedet sekaantuneet lasiastian vesiin. Osa näytteestä kerättiin lasiastiaan, jotta muovista mahdollisesti liukenevat aineet eivät vääristäisi analyysituloksia. Muoviämpäriin vesinäytteestä tutkittiin vain aineita, joihin muovista mahdollisesti liukenevat aineet eivät vaikuta.

Näytteenottopaikat käytiin tarkistamassa sadetta edeltävänä päivänä ja keräysputket ym. puhdistettiin. Samalla vietiin puhtaat näytteenottoastiat kaivoihin. Näyteastiat tyhjennettiin seuraavana päivänä ja toimitettiin kylmäkuljetuksena laboratorioon saman vuorokauden aikana. Kyseistä näytteenottomenetelmää käytettiin soveltaen Pirkanmaalla 3 kohteessa: Aitolahdessa (kuva 4), Kangasalla (kuva 5) ja Ylöjärvellä (kuva 6).



Kuva 4. Aitolahdentien näytteenottopiste.



Kuva 5. Kangasalantien näytteenottopiste.



Kuva 6. Ylöjärven näytteenottopiste.

Pirkanmaan Sarankulman kohteessa hyödynnettiin maantien sadevesikaivoa siten, että näyte kerättiin kaivosta sinne asetetusta erillisestä näytteenottoastiasta (kuva 7).



Kuva 7. Sarankulman näytteenottopiste.

Vaihtoehtoisena menetelmänä Kehä I:llä käytettiin maantiesillan "tippaputkea", johon maanteiden hulevedet ohjautuvat ja josta näytteet oli mahdollista ottaa suoraan putken päästä (kuvat 8 ja 9).



Kuva 8. Kehä I:n näytteenottopiste Näyte otettiin nuolen osoittamasta tippaputkesta.



Kuva 9. Kehä I:n näytteenottoa: muovivämpärin sijaan lasinen näytteenottoastia laitettiin pyykkikoriin.

Kaikissa esitetyissä näytteenottomenetelmissä näytteenottoon ryhdyttiin mahdollisuuksien mukaan sateen alkaessa ja näyte pyrittiin keräämään talteen muutaman tunnin sisällä sateen alettua.

2.3.1 Näytteenottomenetelmien vertailu

Parhaaksi näytteenottomenetelmäksi osoittautui Kehä I:llä käytetty menetelmä, jossa näyte otettiin suoraan sillan tippaputkesta. Näytteet saatiin otettua melko pienelläkin sateella ja ne edustivat varmuudella suoraan tieltä tulevaa hulevettä. Osa näytteistä kerättiin niin, että näytteenottaja odotti paikalla näyteasioiden täyttymistä, mikä paransi näytteenoton luotettavuutta. Osa näytteistä kerättiin jättämällä näytteenotto-

astiat paikalleen yön ajaksi. Tätä näytteenottotapaa pyrittiin kuitenkin välttämään, koska näytteenottopiste sijaitsee kevyenliikenteenväylällä ja ilkvallan mahdollisuus oli suurempi kuin muissa näytteenottopisteissä. Uudellamaalla näytteenottoa helpotti se, että näytepisteitä oli vain yksi, jolloin näytteenottaja saattoi seurata sateen kehitystä vain yhden kohteen suhteen ja ajoittaa näytteenoton sateen alkuun.

Pirkanmaalla Sarankulmassa käytetty hulevesikaivo toimi näytteenotossa myös hyvin. Näytteenoton onnistuminen edellytti, että hulevedet saatiin johdettua hyvin kaivoon. Menetelmän haittapuolena oli esimerkiksi se, että näytteen saamiseksi vaadittiin suurempaa sademäärää kuin Kehä I:n tippaputkesta kerättyä. Lisäksi varsinkin rankkasateilla kaivoon huuhtoutui paljon kiintoainesta tienvarren ojasta (kuva 10).



Kuva 10. Sarankulman näytteenottokaivo rankkasateen jälkeen.

Haastavimmaksi näytteenottomenetelmäksi todettiin ensisijaisesti tutkimuksessa käytetty Jokelan (2008) kourumenetelmä, jota käytettiin Pirkanmaalla Ylöjärven, Kangasalan ja Aitoniementien kohteissa. Näytteen saaminen kyseisellä menetelmällä edellytti pidempää ja rankempaa sadetta kuin muissa kohteissa, koska riittävän näytteenottomäärän kertyminen edellytti veden kertymistä lammikoksi tien reunaan, josta se johtui kourulla näytteenottokaivoon. Kohteista, joissa kourumenetelmää käytettiin, etenkin Aitoniementien kohteessa näytteen saaminen oli usein ongelmallista, todennäköisesti siksi, että hulevedet pääsivät imeytymään tien reunoihin. Näytteenottopaikkaa jouduttiin siirtämään noin 300 metrillä.

Kourumenetelmä oli myös rikkoutumis- ja tukkeutumisaltis: kouruihin kertyi helposti lehtiä ja kiintoainesta, talvella Aitolahden näytepiste oli joutunut tukkikasan alle ja kesällä Ylöjärven kourut oli ajettu rikki ruohonleikkurilla. Kourumenetelmän näytepisteitä oli siis huollettava enemmän kuin muita kohteita, jotta niistä saatiin kerättyä näytteisiin vaaditut vesimäärät. Varsinaisiin näytetuloksiin rikkoutumis- ja tukkeutumisalttiudella ei kuitenkaan ollut merkitystä.

Sähkönjohtavuudesta tehtiin Kehä I:llä marraskuun lopussa, 3. näytteenoton yhteydessä kertaluontoinen mittaus, jonka perusteella arvioitiin huleveden laadun muutosta tunnin kuluessa sateen alusta (luku 4.1.1). Näytteenoton aikaan suolaus oli juuri aloitettu. Kesäkuussa, 8. näytteen yhteydessä otettiin näyte, joka suodatettiin laboratoriossa (luku 4.3). Suodatuksen tarkoituksena oli selvittää, miten suuri osa haitta-aineista on sitoutunut huleveden kiintoaineeseen ja voitaisiinko tulevaisuudessa maasto-olosuhteissa vähentää haitta-aineiden pitoisuuksia ja vaikutuksia teknisin ratkaisuin suodattamalla kiintoaines ympäristöön kulkeutuvasta hulevedestä. Lisäksi syyskuussa, viimeisen näytteen yhteydessä tutkittiin neljällä näytteellä haitta-ainepitoisuuksien muutoksia pitkän sateen aikana (luku 7).

3 Tulosten tarkastelu- ja analysointimenetelmät

Tutkimuksessa seurattuja huleveden ominaisuuksia ja haitta-ainepitoisuuksia vertailtiin pinta- ja pohjavesien ympäristön laatunormiin (VNa 1040/2006 muutoksineen) sekä talousveden laatuvaatimukseen ja -suositukseen (STMa 461/2000). Useiden aineiden osalta pohjavesien ympäristölaatunormit ovat talousveden laatuvaatimuksia tiukemmat. Vertailuun koottiin myös tyypillisiä pohjaveden arvoja Pirkanmaalla ja Uudellamaalla. Lisäksi tutkimuksessa tarkkailtiin muutamia parametreja, joille ei ole pohjaveden tai talousveden osalta laatuvaatimuksia eikä -suosituksia. Kaikki näytetulokset sekä niiden laatuvaatimukset, -suositukset ja normit on esitetty liitteessä 10.

Näytteet analysoitiin Ramboll Analytics Oy:n laboratoriossa, joka on Mittatekniikan keskuksen kemiallisiin analyysihin akkreditoima testauslaboratorio (T191). Analyysimenetelmät valittiin siten, että pieniäkin pitoisuuksia voitiin luotettavasti verrata talousveden laatuvaatimukseen ja -suositukseen sekä pinta- ja pohjaveden ympäristölaatunormeihin. Menetelmien määritysrajat oli siis oltava riittävän alhaiset. Käytetyt analyysimenetelmät ja määritysrajat on listattu liitteessä 11.

Tutkituista, reilusta 100 eri parametrasta korostuivat tuloksissa tietyt aineet, jotka järjestäen ylittivät niille asetetut normit, laatusuosituksiset ja -vaatimukset (luku 5). Tutkimuksessa keskityttiin näihin normit, laatusuosituksiset ja vaatimukset ylittäviin parametreihin. Osassa parametreista ei sen sijaan havaittu laatusuositusten ja -vaatimusten ylittäviä arvoja.

Laatuvaatimukset, -suositukset ja normit ylittäneiden parametrien näytetuloksia tarkasteltiin sekä graafisesti että tilastollisesti ja niitä verrattiin kaupunkialueiden hulevesiverkon huleveden laatuun (Nurmi 2001, Kannala 2001, Kivikangas 2003, Ramboll 2011 mukaan).

3.1 Graafinen analyysi

Graafinen pylväsdiagrammitarkastelu tehtiin jokaisessa näytteenottopisteessä, jokaiselle talousveden laatuvaatimukset ja -suositukset sekä pohjaveden laatunormit ylittäneelle parametrille näytteenottokerroittain (Liitteet 2-6). Tarkastelun perusteella nähdään näytepitoisuuksien vuodenaikaisvaihtelu sekä vaatimukset, suositukset ja normit ylittäneiden näytteiden määrä.

Näytetuloksia tarkasteltiin myös näytteenottopaikkakohtaisesti, jolloin kullekin parametrille laskettiin näytteenottopaikkakohtainen keskiarvo ja keskihajonta. Paikkakohtaisesta vertailusta nähdään näytepitoisuuksien vaihtelu eri näytteenottopisteissä.

Graafinen analyysi suoritettiin myös suodatuksen ja eri osatekijöiden, kuten liikennemäärän, sademäärän ja suolausmäärän vaikutuksista näytetuloksiin.

3.2 Tilastollinen analyysi

Tilastollinen tarkastelu tehtiin tukemaan graafisesta tarkastelusta saatuja tuloksia. Tilastollinen tarkastelu tehtiin Tixel-tilasto-ohjelmaa käyttäen (Tixel). Tilastollisessa tarkastelussa selvitettiin:

1. mitattujen parametrien riippuvuutta eli korrelaatiota toisistaan (Pearssonin korrelaatiokerroin)
2. korrelaation merkittävyyttä ja selitysasetta eli kuinka suuren osan aineen pitoisuuden vaihtelusta tietty osatekijä selittää.

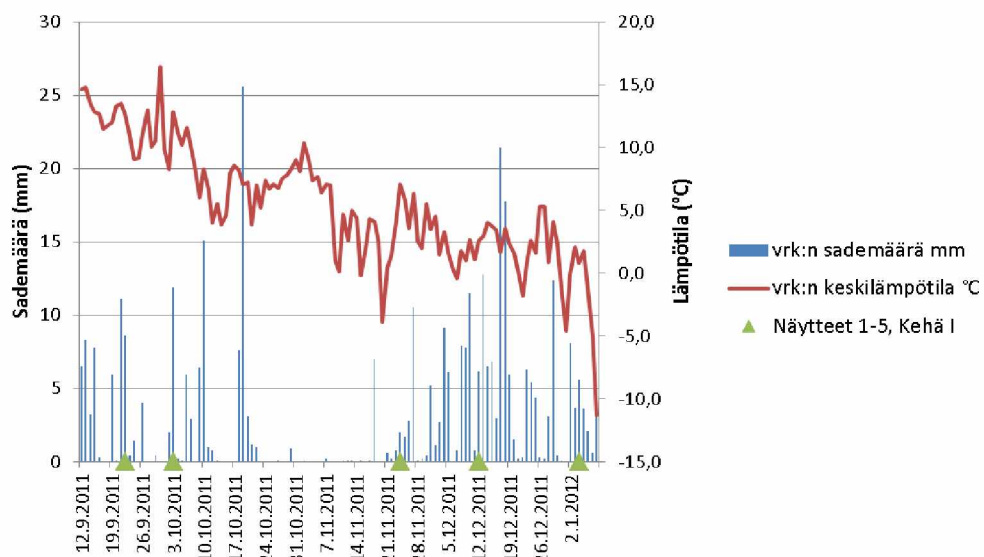
Vaikka korrelaatio antaa usein oikean suunnan syy-seuraussuhteesta, se ei kuitenkaan aina todista sitä, sillä riippuvuus saattaa johtua kolmannesta, tarkastelun ulkopuolelle jääneestä tekijästä (Heikkilä, 1998).

Tilastollinen tarkastelu suoritettiin myös näytteenottopaikkakohtaisesti, näytteiden keskiarvoja ja keskihajontoja vertailemalla.

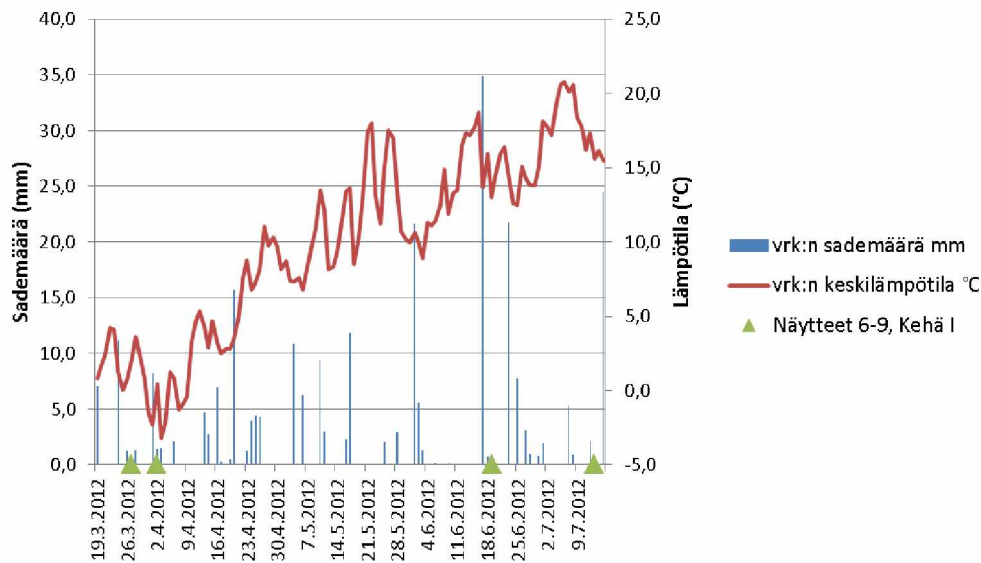
4 Näytetuloksiin vaikuttavia osatekijöitä

4.1 Lämpötila ja sademäärä

Lämpötila- ja sadantatiedot näytteenottoajalta pyydettiin Ilmatieteenlaitokselta Uudeltamaalta Helsinki-Vantaan lentoasemalta ja Pirkanmaalta Härmälän sääasemalta. Havainnot jaettiin syksyn ja talven havaintoihin ja kevään ja kesän havaintoihin. Ku- vissa 11 ja 12 on esitetty Helsinki-Vantaan lentoasemalta saadut säätiedot ja näyt- teenottoajankohdat.

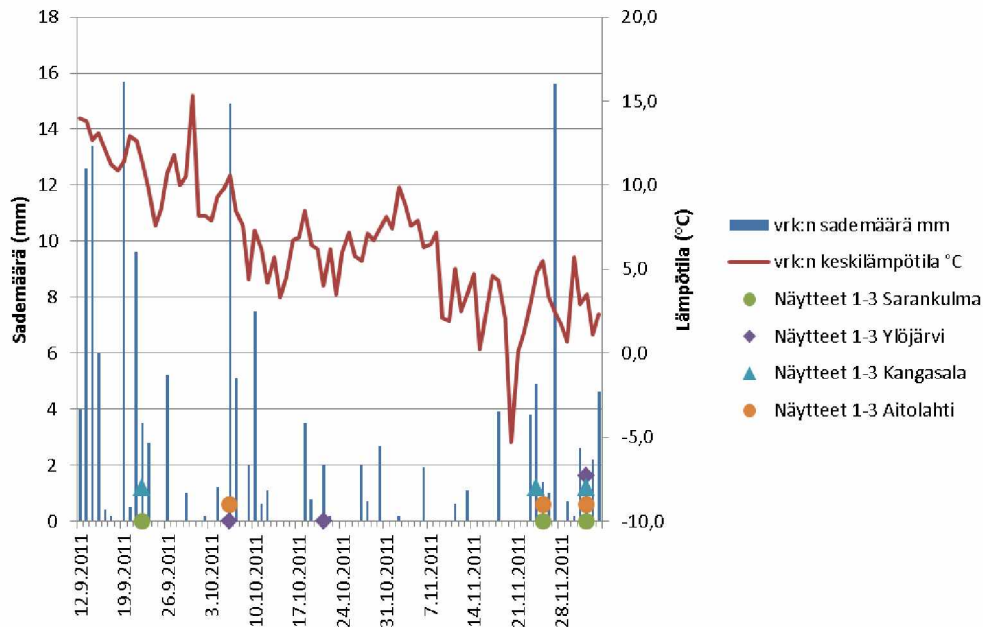


Kuva 11. Syksyn ja talven vuorokauden keskilämpötilat ja sademäärät Helsinki-Vantaan lentokentän mittauspisteessä 12.9.2011–8.1.2012. Näytteenottopäivän lämpötila on mitattu Kehä I:n näytepisteessä.

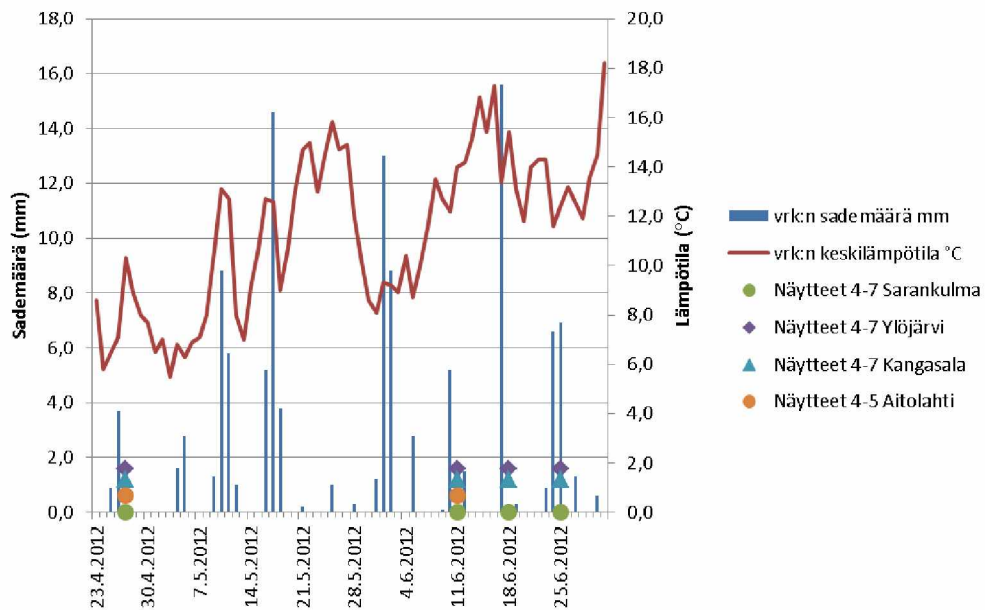


Kuva 12. Kevään ja kesän vuorokauden keskilämpötilat ja sademäärät Helsinki-Vantaan lentokentän mittauspisteessä 9.1.2011 – 15.7.2012. Näytteenottopäivän lämpötila on mitattu Kehä I:n näytepisteessä.

Kuvissa 13 ja 14 on esitetty Härmälän sääasemalta saadut säätiedot ja näytteenottoajankohdat Pirkanmaalla.



Kuva 13. Syksyn ja talven vuorokauden keskilämpötilat ja sademäärät Härmälän mittauspisteessä Pirkanmaalla 12.9.2011–4.12.2011.



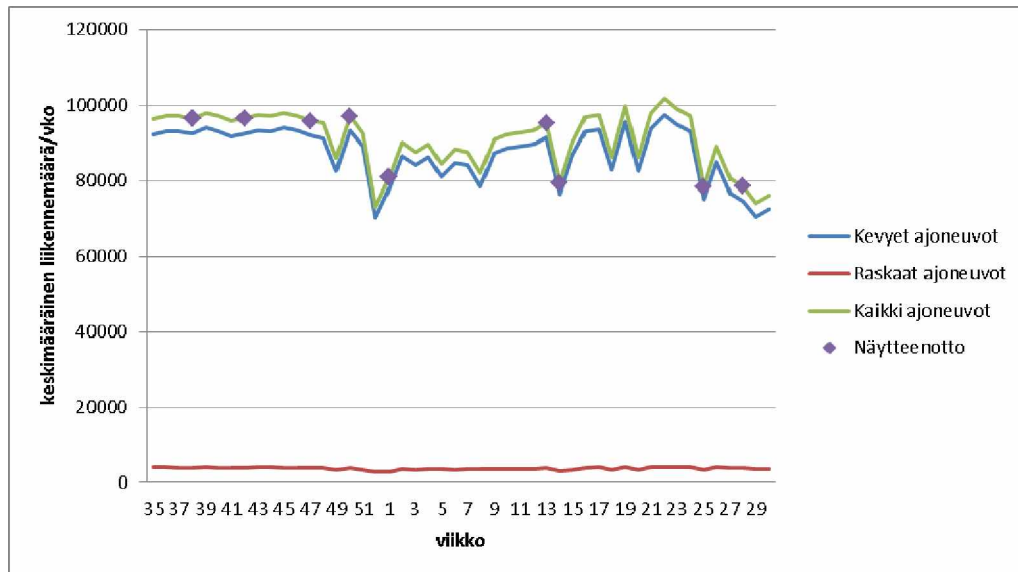
Kuva 14. Kevään ja kesän vuorokauden keskilämpötilat ja sademäärät Härmälän mittauspisteessä Pirkanmaalla 12.9.2011–4.12.2011.

Sademäärän ja lämpötilan vaikutuksia näytteenottotuloksiin on arvioitu luvuissa 5.4 ja 6.1 "Osatekijöiden vaikutus näytetuloksiin".

4.2 Liikennemäärä

Keskimääräiset viikon liikennemäärät saatiin LAM-asemilta, joita oli Uudellamaalla Kehä I:n ja Pirkanmaalla Sarankulman ja Ylöjärven näytepisteiden läheisyydessä.

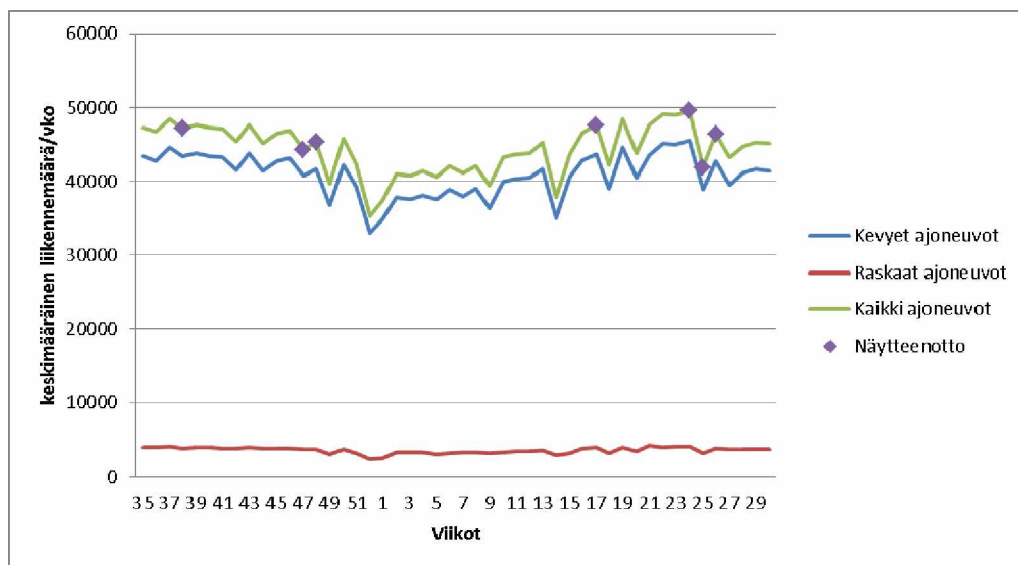
Kehä I:llä keskimääräinen viikkoliikenne tarkastelujakson aikana oli n. 91 000 ajoneuvoa, joka vastaa lähes tiealueen keskivuorokausiliikennemäärää 90 000. Tarkastelujakson liikennemäärästä 4 % oli raskaita ajoneuvoja. Näytteenoton ajoittuminen suhteessa liikennemääriin on esitetty kuvassa 15.



Kuva 15. Kehä I:n LAM-asema 146:n (Länsi-Pakila) keskimääräinen liikennemäärä ja näytteenoton ajoittuminen näytteidenottoajalta 09/2011–07/2012.

Kehä I:n näytteiden 5., 7., 8. ja 9. näytteenottokerroilla on selkeästi pienempi liikennemäärä kuin muilla näytekertoilla.

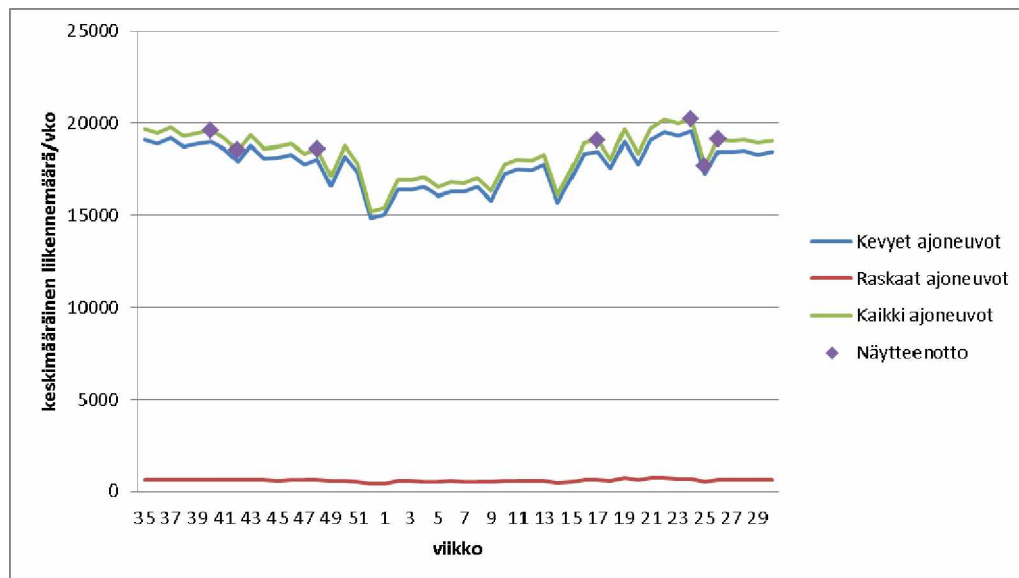
Sarankulmassa viikon keskimääräinen liikennemäärä tarkastelujakson aikana oli n. 44 000 ajoneuvoa, joka on 1,1-kertainen tiealueen keskivuorokausiliikennemäärään (40 000) verrattuna. Tarkastelujakson liikennemäärästä 8 % oli raskaita ajoneuvoja (kuva 16).



Kuva 16. Sarankulman LAM-asema 449:n keskimääräinen liikennemäärä ja näytteenoton ajoittuminen näytteidenottoajalta 09/2011–07/2012.

Sarankulmassa 5. näyte on selvästi osunut liikennehuippuun. Seuraava, 6. näyte on puolestaan otettu viikolla, jossa keskimääräinen liikennemäärä on ollut hieman pienempi.

Ylöjärven LAM-pisteessä viikon keskimääräinen liikennemäärä tarkastelujakson aikana oli n. 18 000 ajoneuvoa, joka vastaa tiealueen keskivuorokausiliikennemäärää 15 000–20 000. Tarkastelujakson liikennemäärästä 3 % oli raskaita ajoneuvoja (kuva 17).



Kuva 17. Ylöjärven LAM-asema 421:n keskimääräinen liikennemäärä ja näytteenoton ajoittuminen näytteidenottoajalta 09/2011–07/2012.

Kuten Sarankulmassa, Ylöjärven näytteistä 5. on osunut liikennehuippuun ja 6. näyte hieman pienemmän liikennemäärän aikaan. Sarankulmasta poiketen myös Ylöjärven ensimmäisen näytteen aikana on ollut hieman tavanomaista korkeampi liikennemäärä.

Pienemmiltä teiltä (näytepisteet Kangasalan tie ja Aitoniementie) tarkkoja liikennemääriä näytteenottopäiviltä ei ollut käytettävissä.

Liikennemäärän vaikutuksia näytteenottotuloksiin on arvioitu luvuissa 5.4 ja 6.1 "Osatekijöiden vaikutus näytetuloksiin".

4.3 Liukkauden torjunta

Valtakunnallisella tasolla talvikausittain (edellisen vuoden lokakuusta tarkasteltavan vuoden syyskuuhun) liukkaudentorjuntaan käytetty suolamäärä eri hoitoluokan teillä talvikausina 2009–2010, 2010–2011 ja 2011–2012 on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 2. Valtakunnallisesti liukkaudentorjuntaan käytetty suolamäärä eri hoitoluokan teillä vuosina 2010–2012.

Hoitoluokka	Liukkaudentorjuntatapa	Suolan käyttö (tn/tiekm) talvi- kausittain (loka-syyskuu)		
		2010	2011	2012 *
Is (2-ajo-rataiset)	suolaus	12,3	14,2	16,0
Is (1-ajo-rataiset)	suolaus	4,2	5,4	6,4
I	suolaus	4,1	5,2	6,3
I b	hiekoitus ja suolaus	1,5	1,7	2,3
II ja III	hiekoitus ja suolahiekka	0,1	0,1	0,1

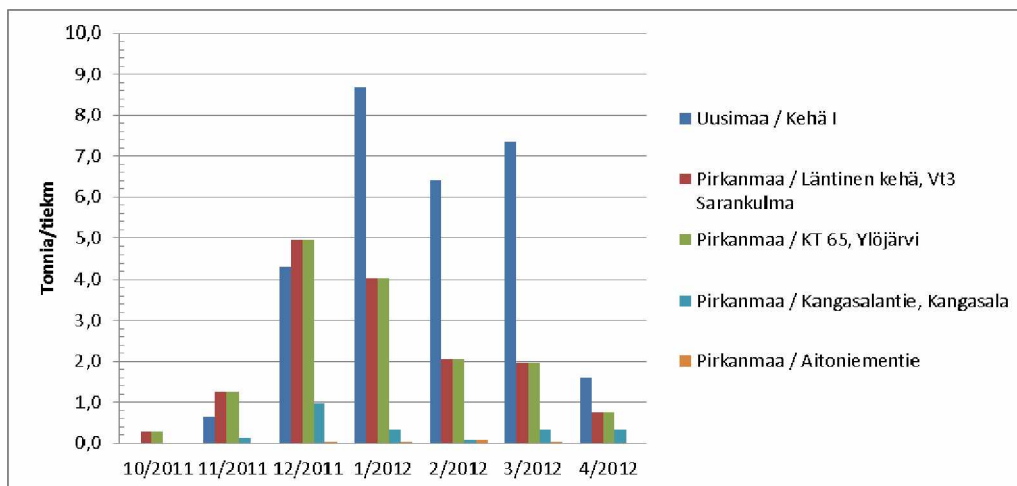
* 17.9.2012 mennessä kirjattujen tietojen mukaan

Taulukossa 3 on esitetty projektiin valittujen näytteenottopisteiden hoitoluokka ja tiekilometrit kyseisessä hoitoluokassa, kyseisellä urakka-alueella.

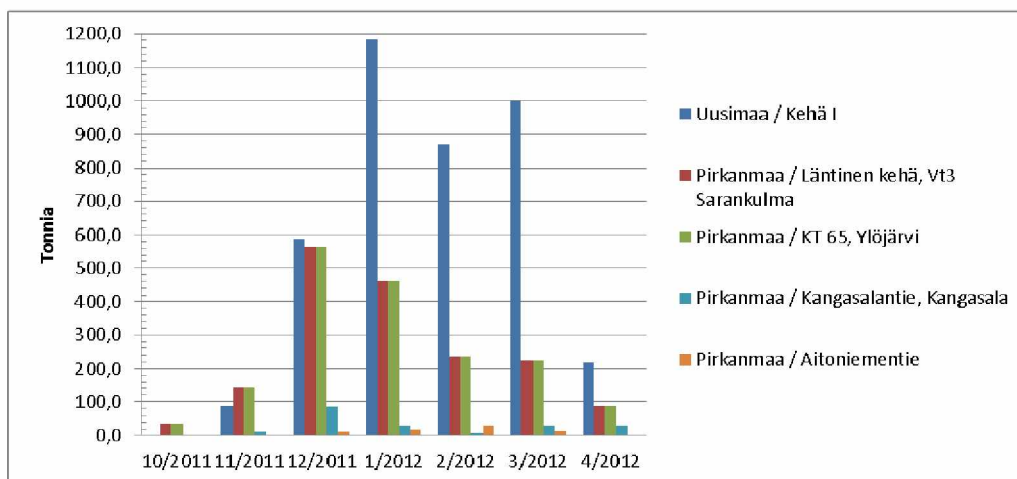
Taulukko 3. Projektiin valittujen näytteenottopisteiden urakka-alue, hoitoluokka ja tiekilometrit kyseisessä hoitoluokassa, kyseisellä urakka-alueella.

Näytepiste	Urakka- alue	Hoitoluokka	Tiekm ko. hoitoluokassa ko. urakka-alueella (1.1.2012)
Uusimaa/ Kehä I, Länsi-Pakila	Vantaa	Is (2-ajo-ratainen)	136,3
Pirkanmaa/ Läntinen kehä, VT3	Tampere	Is (2-ajo-ratainen)	114,3
Pirkanmaa/ KT 65, Ylöjärvi	Tampere	Is (2-ajo-ratainen)	114,3
Pirkanmaa/ Kangasalantie, Kangasala	Kangasala	Ib	87,0
Pirkanmaa/ Aitoniementie, Tampere	Orivesi	III (hiekoitus-hiekan suola)	489,9

Suolan käyttö (tonnia/tie-km) näytteenottopisteiden urakka-alueilla on esitetty kuvassa 18 ja suolankäyttö yhteensä urakka-alueella kuvassa 19.



Kuva 18. Suolan käyttö tiekilometriä kohden kyseessä olevan hoitoluokan teillä kyseisellä urakka-alueella talvikaudella 2011–2012.



Kuva 19. Suolan käyttö yhteensä kyseessä olevan hoitoluokan teillä kyseisellä urakka-alueella talvikaudella 2011–2012.

Tarkemmat lukuarvot suolan käytöstä on esitetty liitteessä 1 "Liukkauden torjunnassa käytetty suolamäärä eri hoitoluokan teillä", liukkauden torjunta. Liukkaudentorjunnan vaikutuksia näytteenottotuloksiin on arvioitu luvuissa 5.4 ja 6.1 "Osatekijöiden vaikutus näytetuloksiin".

4.4 Muita näytetuloksiin vaikuttavia osatekijöitä

Muita näytetuloksiin vaikuttavia tekijöitä ovat muun muassa asfaltista irtoavat aineet ja renkaiden kumi ja nastat. Esimerkiksi märän asfaltin tiedetään kuluvan nopeammin kuin kuivan (esim. Vestola et al. 2006). Myös asfaltin kiviaineksen pakkasrapautuminen voi irrottaa aineita (esim. Laukkanen et al. 2012).

Ohikulkevan liikenteen lähtöpisteen vaikutus saattaa ilmetä tiettyjen epäpuhtauksien pitoisuuksien kohoamisena. Esimerkiksi maan ja biojätteen kuljetukseen käytetyistä kuorma-autoista voi irrota renkaisiin tarttunutta orgaanisia aineita, joka saattaa nostaa huleveden orgaanisen hiilen (TOC) pitoisuuksia. Myös polttoaineen koostumuksella voinee olla vaikutusta, mutta sitä ei ole selvitetty tässä tutkimuksessa.

5 Näytteenottotulosten vertailu aineryhmittäin

Tuloksissa korostuivat tietyt aineet, jotka toistuvasti ylittivät niille asetetut laatu- normit, -suositukset ja -vaatimukset (taulukko 4). Osassa parametreista ei havaittu laatu- normien, -suositusten ja/tai -vaatimusten ylittäviä arvoja.

Taulukko 4. Usein pohja- ja talousveden laatu- normit, -vaatimukset ja -suositukset ylittäneet parametrit, joille kyseiset arvot on lainsäädännössä määritetty.

	Pohjaveden laatu- normit	Talousveden laatu- vaatimukset	Talousveden laatu- suosituk- set
Yleiset fysikaalis-kemialliset parametrit			
Sähkönjohtavuus (mS/m)			< 250
Orgaanisen hiilen kokonaismäärä, TOC (mg/l)			ei epätavallisia muutoksia
Ammoniumtyppi (mg/l)	0,2		0,4
Kloridit (mg/l)	25		250
Raskasmetallit			
Arseeni (mg/l)	0,005	0,01	
Kromi (mg/l)	0,01	0,05	
Lyijy (mg/l)	0,005	0,01	
Muut alkuaineet			
Koboltti (mg/l)	0,002		
Natrium (mg/l)			200
Sinkki (mg/l)	0,06		
Öljyhiilivedyt			
Öljyhiilivetyjakeet (C10-C40) (mg/l)	0,05		
PAH-yhdisteiden summa (mg/l)	0,00005	0,0001	
Bentso (b) fluoranteeni			
Bentso (k) fluoranteeni			
Bentso (g,h,i) peryleeni			
Bentso (1,2,3-cd) pyreeni			

Edellisessä taulukossa esiintyneiden parametrien lisäksi monokloorifenolien summan määrittäminen (<0,00006 µg/l) ylitti pohjavesien ympäristön laatu- normin (<0,00005 µg/l). Määrittäminen suuruuden vuoksi ei voida sanoa, ylittääkö todellinen pitoisuus laatu- normin, minkä vuoksi monokloorifenoleita ei ole kirjattu yllä olevaan taulukkoon.

Taulukkoon ei ole kirjattu erikseen pintaveden laatu- normeja, koska ne koskevat esitetyistä aineista vain lyijyä. Pintaveden laatu- normi lyijylle on 0,0072 mg/l.

Kiintoaineen, kokonaistypen ja kokonaisfosforin pitoisuuksille ei ole määritetty lain- säädännössä laatu- normia, -suositusta eikä -vaatimusta, mutta koska niiden

pitoisuudet ylittivät niille Suomen pintavesistä havaitut tyypilliset pitoisuudet (esim. Lahermo 1996 ja 1990, Oravainen, 1999), otettiin myös ne mukaan tarkempaan tarkasteluun.

5.1 Laatusuositukset, -vaatimukset ja -normit ylittävät parametrit

5.1.1 Yleiset fysikaalis-kemialliset parametrit

Yleisistä fysikaalis-kemiallisista parametreista korostuivat erityisesti sähkönjohtavuus, orgaanisen hiilen kokonaismäärä (TOC), kiintoaine (GF/S), kokonaistyyppi, ammoniumtyppi (NH₄-N), kokonaisfosfori ja kloridit (kokonaiskloorina), joista sähkönjohtavuudelle, ammoniumtyypelle ja klorideille on määritetty lainsäädännössä talousveden laatusuositukset ja pohjaveden laatinormit. Taulukossa 5 on esitetty näytteenotossa esiintyneiden pitoisuuksien vaihtelu näytteenottopisteittäin.

Taulukko 5. Pitoisuuksien vaihtelu (min – max.) näytteenottopisteittäin (mg/l, paitsi sähköjohtavuus mS/m) ja näytepisteiden keskivuorokausiliikennemäärä (kvl).

	Kehä I kvl 80000	Saran- kulma kvl 40000	Ylöjärvi kvl 15000 –20000	Kangasalan- tie kvl 10000	Aito- niementie kvl 50–100
Sähkön- johtavuus	7,0–990	5,2–360	4,5–150	2,6–97	2,5–9,0
Ammonium- typpi	0,33–1,1	0,004–0,21	0,025– 0,75	0,018–0,33	< 0,008– 0,15
Kloridit	4,1– 3600	3,0–1200	3,0–410	1,2–280	1–15

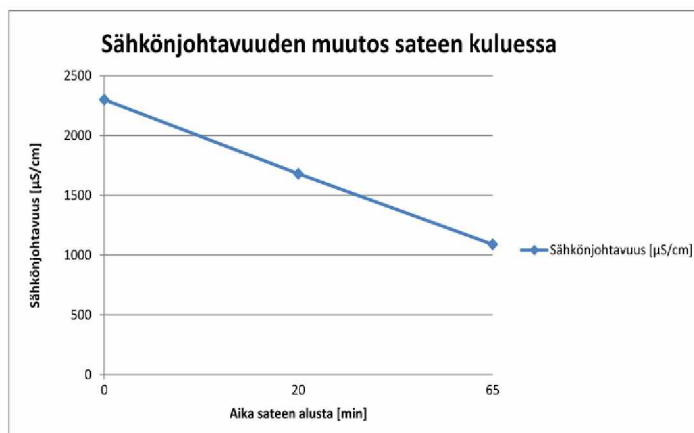
Laatusuosituksien ja -normien ylittäneiden näytteiden osuus koko kyseisen kohteen näytteenottomäärästä on esitetty taulukossa 6.

Taulukko 6. Talousveden laatusuositukset ja pohjaveden laatinormit sekä suositukset ja normit ylittäneiden näytteiden osuus koko näytteenottomäärästä.

	Suositus / normi (mg/l)	Kehä I	Sa- ran- kul- ma	Ylö- järvi	Kangas- alantie	Aito- nie- mentie
Sähkönjohtavuus	< 250 mS/m	33 %	14 %	0 %	0 %	0 %
Ammoniumtyppi						
(talousveden laatusuositus)	0,4	78 %	0 %	29 %	0 %	0 %
(pohjaveden laatinormi)	0,2	100 %	14 %	57 %	29 %	0 %
Kloridit						
(talousveden laatusuositus)	250	58 %	29 %	14 %	0 %	0 %
(pohjaveden laatinormi)	25	78 %	29 %	29 %	14 %	0 %

Erillisessä sähkönjohtavuuden mittauksessa marraskuun loppupuolella Kehä I:llä näytteen sähkönjohtavuutta tarkasteltiin tunnin ajan. Mittauksen tulokset ja sähkönjohtavuuden muutos ajan funktiona on esitetty kuvassa 20.

Aika sateen alusta [min]	Sähkönjohtavuus [$\mu\text{S}/\text{cm}$]
0	2300
20	1680
65	1090



Kuva 20. Sähkönjohtavuuden muutos tunnissa Kehä I:n näytepisteessä marraskuussa 2011, jolloin suolaus oli juuri aloitettu.

Kuvaajan perusteella voidaan havaita, että sähkönjohtavuus laski huomattavasti sateen kuluessa. Siten hulevesi oli odotetusti likaisinta sateen alussa. Sade oli mittaus-tilanteessa heikkoa ja näytteen hulevesi samean ruskeaa. Huleveden laadun muutoksista sateen aikana on tarkemmin luvussa 7.0.

Tilastollisessa tarkastelussa öljypitoisuus riippui sähkönjohtavuudesta (40 % selityaste).

Suositukset ja normit ylittävien, yleisten fysikaalis-kemiallisten parametrien näytetulokset, laatusuositukset ja -normit on esitetty graafisesti jokaiselle näytepisteelle erikseen liitteissä 2-6.

Orgaanisen hiilen kokonaismäärälle (TOC), kiintoaineelle, kokonaistypelle ja kokonaisfosforille ei ole määritetty lainsäädännössä suosituksia eikä normeja, mutta niiden pitoisuuksien katsottiin kuitenkin ylittävän pohjaveden tavanomaisina pidetyt arvot.

5.1.2 Raskasmetallit

Raskasmetalleista kohonneita arvoja mitattiin arseenista, kromista ja lyijystä. Taulukossa 7 on esitetty näytteenotossa esiintyneiden pitoisuuksien vaihtelu näytteenottopisteittäin

Taulukko 7. Pitoisuuksien vaihtelu (min–max.) näytteenottopisteittäin (mg/l) ja näytepisteiden keskivuorokausiliikennemäärä (kvl).

	Kehä I kvl 90000	Sarankulma kvl 40000	Ylöjärvi kvl 15000– 20000	Kangasalan- tie kvl 10000	Aitonie- mentie kvl 50–100
Arseeni	0,002– 0,069	<0,002–0,021	<0,002– 0,15	<0,002– 0,018	<0,002– 0,009
Kromi	0,009–0,18	<0,005–0,09	0,007–0,86	0,005–0,093	0,007– 0,037
Lyijy	0,005–0,11	<0,002–0,034	<0,002– 0,15	<0,002– 0,026	0,002– 0,019

Talousveden laatuvaatimukset ja pohjaveden laatuvaatimukset ylittäneiden näytteiden osuus koko kyseisen kohteen näytteenottomäärästä on esitetty taulukossa 8. Kyseisille aineille ei ole määritetty talousveden laatusuosituksia.

Taulukko 8. Talousveden laatuvaatimukset ja pohjaveden laatuvaatimukset sekä vaatimukset ja normit ylittäneiden näytteiden osuus koko näytteenottomäärästä.

	Vaatus- /normi (mg/l)	Kehä I	Saran- kulma	Ylö- järvi	Kan- gas- alantie	Aito- niemen- tie
Arseeni						
(talousveden laatuvaatimus)	0,01	22 %	29 %	14 %	29 %	0 %
(pohjaveden laatuvaatimus)	0,005	67 %	43 %	14 %	43 %	80 %
Kromi						
(talousveden laatuvaatimus)	0,05	22 %	29 %	14 %	29 %	0 %
(pohjaveden laatuvaatimus)	0,01	89 %	57 %	57 %	43 %	60 %
Lyijy						
(talousveden laatuvaatimus)	0,01	56 %	43 %	14 %	43 %	80 %
(pohjaveden laatuvaatimus)	0,005	100 %	57 %	29 %	43 %	80 %

Vaatimukset ja normit ylittävien raskasmetallien näytetulokset, laatuvaatimukset ja -normit on esitetty graafisesti jokaiselle näytepisteelle erikseen liitteissä 2–6.

Tilastollisessa tarkastelussa useimmat metallit riippuivat kiintoaineen määrästä (60 % selitysaste).

5.1.3 Muut alkuaineet

Muista alkuaineista laatusuosituksia ja -normit ylittivät koboltti, natrium ja sinkki. Taulukossa 9 on esitetty näytteenotossa esiintyneiden pitoisuuksien vaihtelu näytteenottopisteittäin.

Taulukko 9. Pitoisuuksien vaihtelu (min–max.) näytteenottopisteittäin (mg/l) ja näytepisteiden keskivuorokausiliikennemäärä (kvl).

	Kehä I kvl 90000	Sarankulma kvl 40000	Ylöjärvi kvl 15000– 20000	Kangasalan- tie kvl 10000	Aitoniementie kvl 50–100
Koboltti	0,002–0,15	<0,002–0,032	<0,002–0,36	<0,002–0,031	<0,002–0,011
Natrium	4,0–2700	1,5–340	2,6–380	1,1–49	0,9–11
Sinkki	0,27–2,5	0,083–0,82	0,034–5,0	0,055–0,51	0,062–0,17

Pohjaveden laatu- ja talousveden laatusuositukset ylittäneiden näytteiden osuus koko kyseisen kohteen näytteenottomäärästä on esitetty taulukossa 10. Kyseisille aineille ei ole määritetty talousveden laatuvaatimuksia.

Taulukko 10. Talousveden laatusuositukset ja pohjaveden laatu- ja talousveden laatusuositukset sekä normit ylittäneiden näytteiden osuus koko näytteenottomäärästä.

	Suosituks- et / normi (mg/l)	Kehä I	Sarankulma	Ylöjärvi	Kangasalan- tie	Aitoniementie
Koboltti	0,002	89 %	57 %	43 %	57 %	60 %
Natrium	200	44 %	29 %	14 %	0 %	0 %
Sinkki	0,06	100 %	100 %	57 %	86 %	100 %

Suosituks- ja normit ylittävien muiden alkuaineiden näytetulokset, laatusuositukset ja -normit on esitetty graafisesti jokaiselle näytepisteelle erikseen liitteissä 2–6.

5.1.4 Öljyhiilivedyt

Kaikki öljyhiilivetyjakeet (C10–C40): keskitisleet (C10–C21) ja raskaat öljyjakeet (C21–C40) olivat mukana tarkastelussa. Suurin osa, n. 90 % öljyhiilivedyistä oli raskaita öljyjakeita. Taulukossa 11 on esitetty näytteenotossa esiintyneiden pitoisuuksien vaihtelu näytteenottopisteittäin

Taulukko 11. Pitoisuuksien vaihtelu (min–max.) näytteenottopisteittäin (mg/l) ja näytepisteiden keskivuorokausiliikennemäärä (kvl).

	Kehä I kvl 90000	Sarankulma kvl 40000	Ylöjärvi kvl 15000– 20000	Kangasalan- tie kvl 10000	Aitoniementie kvl 50–100
Öljyhiilivetyjakeet (C10–C40)	0,6–7,9	0,62–2,1	0,39–4,6	0,38–2,0	0,82–3,8

Pohjaveden laatu- ja talousveden laatusuositukset ylittäneiden näytteiden osuus koko kyseisen kohteen näytteenottomäärästä on esitetty taulukossa 12. Öljyhiilivedyille ei ole määritetty talousveden laatuvaatimuksia eikä -suosituksia.

Taulukko 12. Pohjaveden laatu­normi ja normin ylittäneiden näyt­teiden osuus koko näytteenottomäärästä.

	Normi (mg/l)	Kehä I	Sarankulma	Ylöjärvi	Kangas- alantie	Aitonie- mentie
Öljyhiilivetyjakeet (C10–C40)	0,05	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %

Pohjaveden laatu­normin ylittävien öljyhiilivetyjen näytetulokset ja laatu­normit on esitetty graafisesti jokaiselle näyte­pisteelle erikseen liitteissä 2–6. Tilastollisessa tar­kastelussa sähkö­johtavuus vaikutti öljypitoisuuksiin (40 % selitysaste).

5.1.5 Polysykliset aromaattiset hiilivedyt (PAH)

Kuudestatoista PAH-yhdisteestä neljä: bentso(b)fluoranteenin, bentso(k)fluoran­teenin, bentso(g,h,i)fluoranteenin ja indeno (1,2,3-cd)pyreenin summa ylitti sekä ta­lousveden laatu­vaatimukset että pohjaveden laatu­normit. Kyseiselle PAH-yhdisteiden summalle ei ole määritetty talousveden laatusuosituksia. Taulukossa 13 on esitetty näytteenotossa esiintyneiden pitoisuuksien vaihtelu näytteenottopisteittäin

Taulukko 13. Pitoisuuksien vaihtelu (min – max.) näytteenottopisteittäin (mg/l) ja näyte­pisteiden keskivuorokausiliikennemäärä (kvl).

	Kehä I kvl 90000	Sarankulma kvl 40000	Ylöjärvi kvl 15000– 20000	Kangas­ alantie kvl 10000	Aitonie­ mentie kvl 50–100
4 PAH-yhdisteen summa	0,000025 0,012	<0,000024– 0,012	0,000024 0,00098	0,000083– 0,00685	0,00018–0,032

Laatu­vaatimukset ja -normit ylittäneiden näyt­teiden osuus koko kyseisen kohteen näytteenottomäärästä on esitetty taulukossa 14.

*Taulukko 14. Talousveden laatu­vaatimukset ja pohjaveden laatu­normit sekä vaati­
mukset ja normit ylittäneiden näyt­teiden osuus koko
näytteenottomäärästä.*

	Vaatus / normi (mg/l)	Kehä I	Sarankulma	Ylöjärvi	Kangas- alantie	Aitonie- mentie
4 PAH-yhdisteen summa (talousveden laatu­vaatimus)	0,0001 0,00005	89 %	89 %	57 %	100 %	100 %
(pohjaveden laatu­normi)		89 %	100 %	57 %	100 %	100 %

Vaatu­mukset ja normit ylittävien PAH-aineiden näytetulokset, laatu­vaatimukset ja -normit on esitetty graafisesti jokaiselle näyte­pisteelle erikseen liitteissä 2–6.

5.1.6 Fenoliset yhdisteet

Fenolisten yhdisteiden ryhmästä monokloorifenolien summa oli alle määritysrajan (<0,00006 µg/l). Määritysraja kuitenkin ylittää pohjavesien ympäristön laatu­normin (<0,00005 µg/l). Monokloorifenoleiden summalle ei ole määritetty talousveden laa-

tuvaatimuksia eikä -suosituksia. Taulukossa 15 on esitetty näytteenotossa esiintyneiden pitoisuuksien vaihtelu näytteenottopisteittäin

Taulukko 15. Pitoisuuksien vaihtelu (min–max.) näytteenottopisteittäin (mg/l) ja näytepisteiden keskivuorokausiliikennemäärä (kvl).

	Kehä I kvl 90000	Sarankulma kvl 40000	Ylöjärvi kvl 15000– 20000	Kangasalan- tie kvl 10000	Aitoniementie kvl 50–100
Monokloorifenolit	<0,00006 0,00007	- < 0,00006	< 0,00006	< 0,00006	< 0,00006

Laatunormin ylittäneiden näytteiden osuus koko kyseisen kohteen näytteenottomäärästä on esitetty taulukossa 16.

Taulukko 16. Pohjaveden laatunormi ja normin ylittäneiden näytteiden osuus koko näytteenottomäärästä.

	Normi (mg/l)	Kehä I	Sarankulma	Ylöjärvi	Kangas- alantie	Aitonie- mentie
Monokloorifenolit	0,00005	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %

5.2 Laatusuositukset, -vaatimukset ja -normit alittavat parametrit

Talousveden laatuvaatimukset ja -suositukset sekä pohja- ja pintaveden laatunormit alittavia parametreja olivat:

- kaikki haihtuvat orgaaniset yhdisteet (VOC): halogenoidut hiilivedyt (esim. 1,2-dikloorietaani, dikloorimetaani ja klooribentseeni), aromaattiset hiilivedyt (esim. tolueeni, benteeni ja ksyleenit) ja eetterit (MTBE ja TAME)
- orgaaniset hapot (esim. formiaatti, asetaatti ja ftalaatti)
- haihtuvat hiilivedyt (esim. kloroformi)
- polyaromaattiset hiilivedyt (esim. asenaftaleeni, bentso(a)antraseeni, fluoreeni, kryseeni ja pyreeni))
- alkyylifenolit ja alkyylifenolietoksylaatit (esim. oktyylifenolit, iso-nonyylifenolit ja NP&NPEO (TEQ))

Yksityiskohtaisemmat tulokset on esitetty liitteessä 10.

5.3 Suodatuksen vaikutus laatuvaatimukset, -suositukset ja -normit ylittäviin parametreihin

Liikennemäärältään vilkkaimmasta näytepisteestä Kehä I:llä Uudellamaalla otettiin 8. näytteen yhteydessä kesäkuussa tavanomaisen suodattamattoman näytteen lisäksi suodatettu näyte. Näyteparilla haluttiin selvittää, mikä osa huleveden haitta-aineista on veteen liuenneena ja mikä kiinnittyneenä kiintoaineeseen ja voidaanko kiintoaineen erotuksella vähentää tiettyjen haitta-aineiden (esim. metallit, öljyhiilivedyt) pitoisuutta hulevedessä. Tarkastelun ulkopuolelle jätettiin aineet, joiden pitoisuus oli alkujaan jo hyvin pieni tai jotka haihtuvat helposti. Taulukossa 17 on esitetty tutkitut aineet, suodatuksen vaikutus aineen vähenemään prosentuaalisesti sekä tieto siitä, alittaako suodatettu näyte kyseiselle aineelle annetun laatuvaatimuksen, -suosituksen tai normin.

Taulukko 17. Suodatuskokeessa tutkitut aineet, suodatuksen vaikutus aineen vähenemään, aineille annetut talousveden laatuvaatimukset ja/tai -suositukset, pohjaveden laatusuositukset sekä tieto siitä, alittaako suodatettu näyte laatuvaatimuksen, -suosituksen tai -normin.

Tutkittu aine (suodatettu näyte)	Aineen vähenemä	Laatuvaatimus, -suositus tai -normi (mg/l)	Alittaako suodatettu näyte laatuvaatimuksen, -suosituksen tai - normin?
TOC	30 %	-	-
4 PAH-yhdisteen summa (talousveden laatuvaatimus)	91 %	0,0001	Kyllä
(pohjaveden laatusuositus)		0,00005	Kyllä
Kromi (talousveden laatuvaatimus)	56 %	0,05	Kyllä*
(pohjaveden laatusuositus)		0,01	Kyllä*
Lyijy (talousveden laatuvaatimus)	88 %	0,01	Kyllä*
(pohjaveden laatusuositus)		0,005	Kyllä
Koboltti	33 %	0,002	Kyllä
Arseeni (talousveden laatuvaatimus)	33 %	0,01	Kyllä*
(pohjaveden laatusuositus)		0,005	Kyllä*
Ammoniumtyppi (NH ₄ -N) (talousveden laatusuositus)	12 %	0,4	Ei
(pohjaveden laatusuositus)		0,2	Ei
Kokonaisfosfori	82 %	-	-
Sinkki	42 %	0,06	Ei
Öljyhiilivedyt (C10-C40)	85 %	0,05	Ei
Kokonaistyyppi	14 %	-	-

* Kyseisessä näytteessä jo suodattamaton näyte oli laatuvaatimuksen tai -normin alapuolella.

Kiintoaineen erotus vähensi selvästi tutkittujen haitta-aineiden pitoisuuksia hulevedessä. Suurin vaikutus suodatuksella oli PAH-yhdisteisiin, lyijyyn, fosforiin ja öljyhiilivetyihin, joiden pitoisuudet vähenivät yli 80 %:lla. Useiden aineiden pitoisuus alitti talousveden laatuvaatimukset tai pohjaveden laatonormin suodatuksen jälkeen. Vain ammoniumtypen, sinkin ja öljyhiilivetyjen (C10-C40) pitoisuudet eivät täyttäneet suodatuksen jälkeenkään lainsäädännössä annettuja pohjaveden laatonormeja tai talousveden laatusuosituksia ja/tai -vaatimuksia. Suodatuksen vaikutus pitoisuuksiin on esitetty graafisessa muodossa liitteessä 7.

Tilastollisessa tarkastelussa useimpien metallien (60 % selitysaste) sekä fosforin (40 % selitysaste) pitoisuudet riippuivat kiintoaineesta.

Tanskalaisessa tutkimuksessa (Kjölholt 1997, Jokelan 2008 mukaan) selvitettiin muun muassa moottoritien hulevesissä esiintyneiden haitta-aineiden määrää ja sitä, kuinka paljon suodattaminen vaikuttaa haitta-ainepitoisuuksiin. Myös tanskalaisen tutkimuksen mukaan suurin vaikutus suodatuksella oli PAH-yhdisteisiin, lyijyyn ja kokonaisfosforiin, joiden pitoisuudet vähenivät yli 80 %, lyijyn jopa 97 %. Tutkimus vastaa muiltakin osin Kehä I:n näytteestä tehtyä suodatustutkimusta lukuun ottamatta sinkkiä, jota tanskalaisessa tutkimuksessa poistui 71 %.

5.4 Osatekijöiden vaikutus näytetuloksiin aineryhmittäin

Osatekijöiden vaikutuksia tuloksiin arvioitiin vertailemalla eri osatekijöistä ja haitta-ainepitoisuuksista tehtyjä kuvaajia (luku 4 ja liitteet 2–6) keskenään ja muodostamalla niistä asiantuntija-arvio. Asiantuntija-arviota vahvistettiin tilastollisella tarkastelulla (luku 3).

5.4.1 Sademäärä ja lämpötila

Näytteenottopäivän sademäärän ja näytetulosten välillä ei ole havaittavissa yhteyttä, mikä selittyy sillä, että näytteet pyrittiin ottamaan aina heti sateen alkuvaiheesta. Hulevesien laadun voitiin kuitenkin todeta muuttuvan sateen aikana niin, että hulevedet ovat likaisimmillaan sateen alussa (luku 5.1.1., kuva 20).

Useiden päivien sademäärän vaikutus näytetuloksiin voidaan nähdä tarkastelemalla pidempiä aikajaksoja: pidemmän kuivan kauden jälkeen tulevan pienen sateen havaittiin nostavan pitoisuuksia. Lähes kaikkien näytepisteiden kaikissa näytetuloksissa on nähtävissä marras-joulukuussa selkeä pitoisuuspiikki. Ennen pitoisuuspiikkiä lämpötila oli kaikissa näytepisteissä laskenut nollan tienoille ja osin pakkaselle. Piikkiä edeltää myös sademäärältään vähäisempi, noin kuukauden kuivempi kausi, minkä vuoksi tielle on ilmeisesti kertynyt enemmän haitta-aineita sisältävää materiaalia, kuten esimerkiksi pölyä ja asfaltista ja renkaista irtavaa materiaalia. Sateen huuhdellessa tien pitoisuudet ovat olleet korkealla. Selkeimmin ilmiö havaittiin Kehä I:n näytetuloksista (luku 3.1, kuva 11; liite 2, 3. näyte). Poikkeuksen tuloksiin tekee liikennemäärältään pienimmän, Aitoniementien näytteenottopiste, jossa piikki ei ole yhtä selkeä ja näytetulosten vaihtelu on pääosin muutenkin pienempää. Aitoniementien näytetuloksissa on kuitenkin huomioitava, että näytteen saaminen vaatii suurempaa sademäärää kuin esimerkiksi Kehä I:llä, jolloin haitta-ainepitoisuudet todennäköisesti myös ovat laimentuneet.

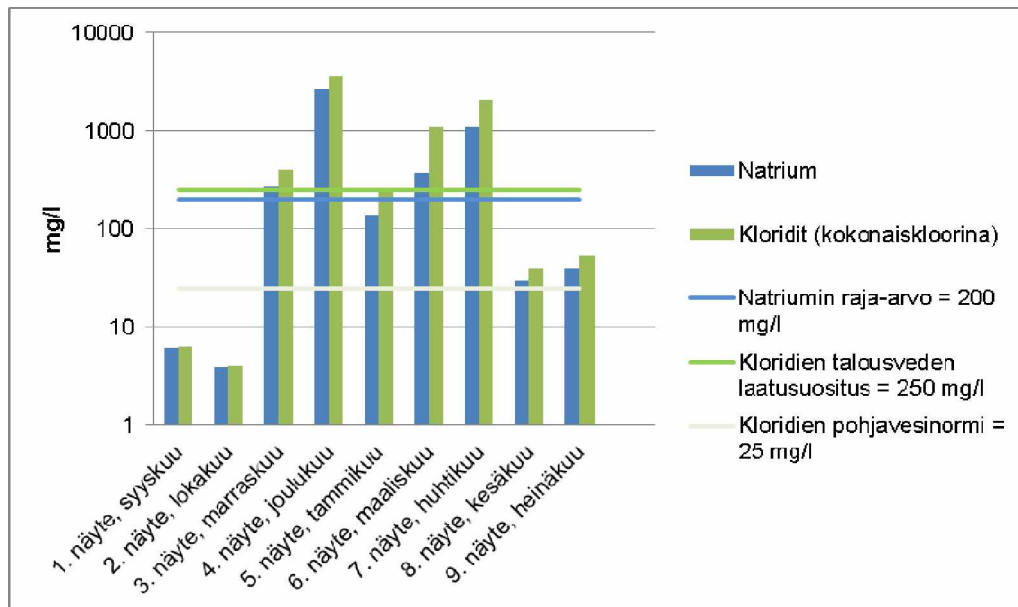
Lämpötilan havaittiin vaikuttavan useisiin parametreihin. Selkein vaikutus lämpötilalla oli sähkönjohtavuuteen, kloridiin, natriumiin ja tiettyihin metalleihin, kuten arseeniin, lyijyyn ja sinkkiin (tilastollinen selitysaste 40 %). Vaikutus selittyy suolauksella: lämpötilan laskiessa aloitetaan suolaus, jolloin natrium ja kloridi pitoisuuden kohoavat, suolan lisääntyminen hulevedessä lisää sähkönjohtavuutta ja irrottaa esimerkiksi autoista ja tiekaiteista metalleja. Lievä vaikutus lämpötilalla oli havaittavissa kiintoaineeseen ja öljyhiilivetyihin (tilastollinen selitysaste 20 %).

5.4.2 Liikennemäärä

Liikennemäärä näyttäisi vaikuttavan selkeimmin sähkönjohtavuuteen, kloridiin, natriumiin ja ammoniumtyyppeen (tilastollinen selitysaste 50–60 %). Parametreista ammoniumtyypen pitoisuuden kohoamisen syytä ei pystytty selkeästi osoittamaan; ammoniumtyyppi saattaa olla peräisin esimerkiksi liikenteen pakokaasuista. Sähkönjohtavuus, kloridi ja natrium sen sijaan selittyvät suolauksen määrällä: mitä suurempi liikennemäärä, sitä korkeampi tien hoitoluokka ja suurempi suolauksen tarve.

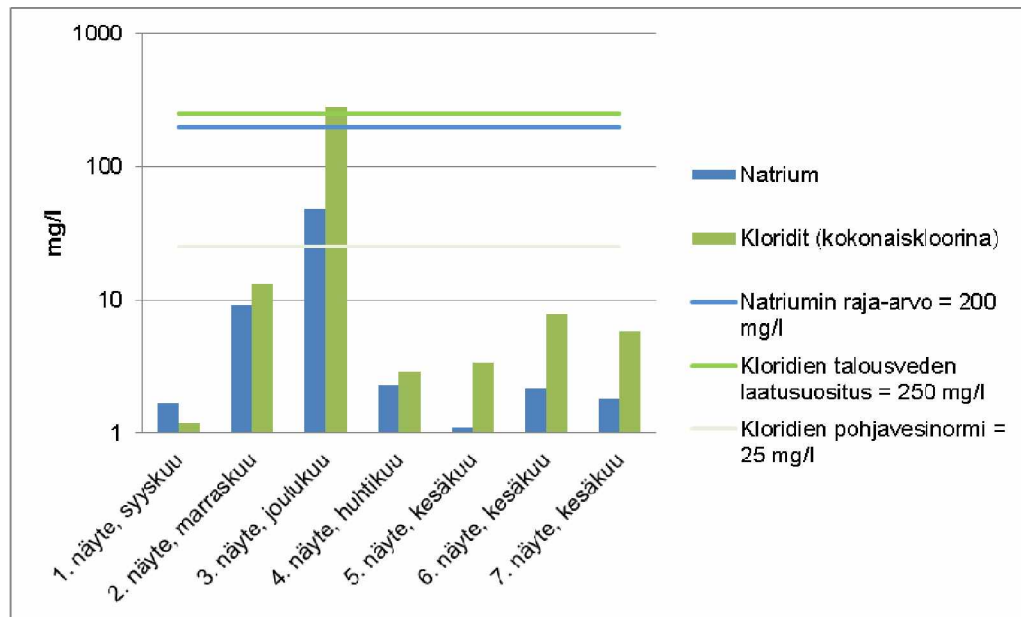
5.4.3 Liukkaudentorjunta

Liukkaudentorjunnan alkaminen loka-marraskuussa nosti natriumin ja kloridin näytepitoisuuksia kaikissa näytepisteissä. Myös liukkauden torjunnan loppumisen huhtikuussa tai huhtikuun jälkeen huomaa selvästi, joskaan natriumin ja kloridin pitoisuudet eivät välittömästi laske suolausta edeltäneelle tasolle. Esimerkiksi Kehä I:llä kesä-heinäkuun pitoisuudet ovat moninkertaiset edellisen syyskuun pitoisuuksiin verrattuna (kuva 21).



Kuva 21. Kehä I:llä natrium- ja kloridipitoisuudet eivät laskeneet kesällä suolausta edeltäneelle tasolle.

Pitoisuuksien palautuminen suolausta edeltävälle tasolle, erityisesti natriumin osalta on sitä nopeampaa, mitä vähemmän tiellä on käytetty suolaa (kuva 22).



Kuva 22. Tiealueilla, joilla suolaus on vähäisempää, erityisesti natriumin pitoisuudet palautuvat nopeammin suolausta edeltävälle tasolle kuin tieosuuksilla, joilla suolataan enemmän. Esimerkkikuva Kangasalantien näytepisteestä.

Odotetusti myös sähkönjohtavuuden tulokset vaihtelevat vastaavalla tavalla kuin natriumin ja kloridin, koska sähkönjohtavuus mittaa vedessä olevien suolojen määrää (liitteet 2–6). Liukkaudentorjunnan, lämpötilan, hulevesien suolapitoisuuden ja liikennemäärän välillä on siis havaittavissa selvä yhteys. Suolauksen tilastollinen selitysaste sähkönjohtavuuteen on noin 50 %.

6 Näytteenottopisteiden keskinäinen vertailu

Näytepisteiden keskinäistä vertailua varten koottiin taulukkoon 18 yhteenveto sitä, kuinka suuri osuus näytteistä kussakin näytteenottopisteessä ylitti parametrille annetun talousveden laatuvaatimuksen tai -suosituksen, tai pohjaveden laatunormin. Taulukkoon on vihreällä korostettu kohteet, joissa kyseinen aine ei kertakaan ylittänyt laatuvaatimusta, -suositusta tai -normia ja punaisella, kohteet, joissa kaikki näytteet ovat ylittäneet laatusuosituksia /-vaatimukset ja -normit. Taulukon perusteella voidaan todeta mitkä haitta-aineet erityisesti ovat riskinä kussakin näytteenottopisteessä.

Taulukko 18. Laatuvaatimukset/-suositukset ja -normit ylittäneiden näytteiden osuus koko näytteenottomäärästä niiden aineiden osalta, joissa ylityksiä havaittiin. Vihreällä aineet, jotka eivät ole kertaakaan ylittäneet vaatimuksia, suosituksia tai normeja tietyssä näytepisteessä, punaisella aineet, jotka ovat ylittäneet vaatimukset, suositukset ja normit jokaisessa näytteenotossa.

	Laatuvaatimus, -suositus tai -normi (mg/l)	Kehä I	Saran- kulma	Ylöjärvi	Kangas- alantie	Aitonie- nie- mentie
Sähkönjohtavuus	<250 mS/m	33 %	14 %	0 %	0 %	0 %
Ammoniumtyppi (talousveden laatusuositus)	0,4	78 %	0 %	29 %	0 %	0 %
(pohjaveden laatunormi)	0,2	100 %	14 %	57 %	29 %	0 %
Kloridit (talousveden laatusuositus)	250	58 %	29 %	14 %	0 %	0 %
(pohjaveden laatunormi)	25	78 %	29 %	29 %	14 %	0 %
Arseeni (talousveden laatuvaatimus)	0,01	22 %	29 %	14 %	29 %	0 %
(pohjaveden laatunormi)	0,005	67 %	43 %	14 %	43 %	80 %
Kromi (talousveden laatuvaatimus)	0,05	22 %	29 %	14 %	29 %	0 %
(pohjaveden laatunormi)	0,01	89 %	57 %	57 %	43 %	60 %
Lyijy (talousveden laatuvaatimus)	0,01	56 %	43 %	14 %	43 %	80 %
(pohjaveden laatunormi)	0,005	100 %	57 %	29 %	43 %	80 %
Koboltti	0,002	89 %	57 %	43 %	57 %	60 %
Natrium	200	44 %	29 %	14 %	0 %	0 %
Sinkki	0,06	100 %	100 %	57 %	86 %	100 %
Öljyhiilivetyjakeet (C10-C40)	0,6 - 7,9	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
4 PAH-yhdisteen summa (talousveden laatuvaatimus)						
(pohjaveden laatunormi)	0,0001	89 %	89 %	57 %	100 %	100 %
	0,00005	89 %	100 %	57 %	100 %	100 %
Monokloorifenolit*	0,00005	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %

* Monokloorifenolien summa on alle määrittäysrajan (<0,00006 µg/l). Määrittäysraja kuitenkin ylittää pohjavesien ympäristön laatunormin (<0,00005 µg/l).

Näytepaikkojen keskinäistä vertailua varten laskettiin näytetuloksista keskiarvot ja keskihajonnat kullekin aineelle (liite 8 "Näytteiden keskiarvon ja keskihajonnat"). Keskihajonnan vaihtelua prosentuaalisesti keskiarvoon verrattuna on kuvattu taulukossa 19. Keskiarvoja vertailtiin sekä graafisesti että tilastollisesti.

Keskihajonnan prosentuaalinen arvo on tulosten vaihtelun eli hajonnan mitta. Pienimmät keskihajonnan vaihtelut (merkitty taulukossa vihreällä) on saatu pääosin Aitolahdentieltä ja suurimmat hajonnat (merkitty taulukossa punaisella) Ylöjärveltä. Mitä suurempi hajonta on, sitä enemmän eri osatekijät kuten sää, liikennemäärä ja näytteenottohetki ovat vaikuttaneet tulokseen.

Taulukko 19. Laatuvaatimukset, -suositukset ja -normit ylittäneiden aineiden / ominaisuuksien keskihajonnan vaihtelu prosentuaalisesti keskiarvoon verrattuna. Kuinkin aineen pienin keskihajonta on merkitty vihreällä ja suurin punaisella.

	Kehä I	VT3, Sarankulma	KT65, Ylöjärvi	Kangasalan-tie	Aitolahdenti
Sähkönjohtavuus (mS/m)	135 %	176 %	167 %	164 %	49 %
Orgaanisen hiilen kokonaismäärä (TOC)	84 %	42 %	36 %	89 %	22 %
Kiintoaine (GF/C)	136 %	104 %	207 %	191 %	62 %
Kokonaistyyppi	50 %	41 %	64 %	71 %	79 %
Ammoniumtyppi (NH ₄ -N)	46 %	85 %	84 %	111 %	94 %
Kokonaisfosfori	45 %	64 %	185 %	45 %	92 %
Kloridit (kokonaiskloorina)	148 %	198 %	201 %	231 %	146 %
Arseeni	148 %	63 %	165 %	86 %	21 %
Kromi	121 %	86 %	239 %	109 %	64 %
Lyijy	137 %	104 %	195 %	91 %	54 %
Koboltti	149 %	70 %	193 %	104 %	18 %
Natrium	171 %	157 %	227 %	183 %	88 %
Sinkki	110 %	91 %	231 %	78 %	31 %
Öljyhiilivetyjakeet (C ₁₀ -C ₄₀)	89 %	44 %	86 %	59 %	83 %
Keskitisleet (C ₁₀ -C ₂₁)	91 %	35 %	63 %	47 %	108 %
Raskaat öljyjakeet (C ₂₁ -C ₄₀)	89 %	45 %	88 %	61 %	80 %
Bentso (b)fluoranteeni	153 %	197 %	123 %	155 %	173 %
Bentso (k)fluoranteeni	115 %	208 %	126 %	120 %	204 %
Bentso (g,h,i)peryleeni	170 %	157 %	112 %	200 %	153 %
Indeno(1,2,3-cd)pyreeni	159 %	209 %	112 %	122 %	167 %
Edellisten 4 PAH-yhdisteen summa	156 %	199 %	94 %	150 %	177 %

6.1 Osatekijöiden vaikutus näytetuloksiin näytteenottopisteittäin

Luvussa 4 esitettyjen osatekijöiden vaikutuksia näytetuloksien keskiarvoon on paikkakohtaisesti kuvattu graafisesti liitteessä 9 "Osatekijöiden vaikutus näytetuloksiin paikkakohtaisesti". Lisäksi osatekijöiden vaikutuksista tehtiin tilastollinen tarkastelu, jonka perusteella voitiin määrittää toisistaan riippuvaiset tekijät ja riippuvuuden suuruus. Alla on esitetty yhteenveto tarkastelusta.

6.1.1 Sademäärä ja lämpötila

Keskimääräiset sademäärät eivät vaihdelleet eri näytteenottopisteiden välillä. Voidaan siis todeta, että keskimäärin sademäärän vaikutus tuloksiin oli sama jokaisessa pisteessä. Yksittäisen näytepisteen tuloksiin ei sademäärällä näyttäisi olevan suoraa merkitystä kun tutkittiin näytteenottopäivän sademäärää. Sen sijaan graafisen tulokinnan perusteella pitkän kuivan kauden jälkeisellä pienellä sateella näyttäisi olevan vaikutusta (luku 5.4.1).

Lämpötila ei vaihdellut merkittävästi eri näytteenottopisteiden välillä, eikä sillä ole siis paikkakohtaista vaikutusta.

6.1.2 Liikennemäärä

Vertailussa todettiin tiettyjen parametrien, kuten sähkönjohtavuuden, natriumin, kloridin ja ammoniumtyypen riippuvan liikennemäärästä. Em. ominaisuuksista sähkönjohtavuuden, natriumin ja kloridin osalta tämä johtuu osittain siitä, että teiden suolaus tehdään hoitoluokittain, johon liikennemäärät vaikuttavat. Kehä I:n osalta on otettava huomioon, että näytepiste alittaa Hämeenlinnanväylän (kvl 70 000), mikä lienee vaikuttanut Kehä I:n näytetuloksiin esimerkiksi hiukkaspäästöjen muodossa.

Muiden tutkittujen parametrien osalta ei näytteenottopisteiden keskinäisessä vertailussa ollut eroavaisuuksia. Esimerkiksi metallien kuten arseenin pitoisuus oli samaa suuruusluokkaa kaikissa näytteenottopisteissä.

6.1.3 Liukkauden torjunta

Liukkauden torjuntaan käytetyn suolan määrä on verrannollinen liikennemäärään. Suolauksen vaikutus näkyy natriumin, kloridin ja sähkönjohtavuuden pitoisuuksissa. Esimerkiksi suolan ja sähkönjohtavuuden vaikutus (korrelaatio) toisiinsa on noin 50 %. Suolan vaikutus tuloksiin näkyy paremmin näytekohtaisessa tarkastelussa (luku 5.4.3).

7 Huleveden laadun muutokset sateen aikana

Tutkimuksessa hulevesinäytteet pyrittiin saamaan sateen alkuvaiheesta, jolloin näytteessä oletettiin olevan suurimmat pitoisuudet haitta-aineita. Oletus perustuu kiistelyyn first flush -ilmiöön eli alkuhuuhtoumaan, jonka mukaan hulevesien laatu on huonointa sateen alussa ja parantuu sateen kuluessa (esim. Valtanen et al. 2010). Maanteiden hulevesien käsittelytarpeen ja jatkok tutkimusten kannalta oli tärkeä selvittää, miten maanteiden hulevesistä havaitut haitta-ainepitoisuudet muuttuivat sateen aikana. Mittaus toteutettiin syyskuussa 2012 ja siinä tutkittiin vain niitä haitta-aineita ja ominaisuuksia, joiden pitoisuuksien oli havaittu järjestään ylittävän niille asetetut laatuvaatimukset, -suositukset tai -normit.

Mittausta edeltävänä yönä oli satanut klo 6.00 asti aamulla, joten osa haitta-aineista oli todennäköisesti huuhtoutunut jo tieltä. Mittauspäivänä aamulla ja päivällä ei kuitenkaan satanut, joten näytteenoton tuloksissa näkyy kyseisen keskiviikon aamu- ja päiväliikenteen aiheuttamat haitta-ainepitoisuudet. Näytteenotto aloitettiin noin klo 15.00 aikaan iltapäivällä, jolloin sade oli heikkoa (taulukko 20).

Taulukko 20. Pitkän sateen näytteiden ottoaika ja sadetilanne.

10. näyte, osa	Kellonaika, jolloin näytteenotto lopetettiin	Sadetilanne
A	15.25	Sade alkoi klo 14.30, heikkoa sadetta
B	16.25	Heikkoa sadetta
C	18.20	Normaali sade alkoi klo 18.00
D	18.50	Normaali sade

Tuloksia tarkasteltiin graafisesti (liite 12) ja näytteiden välisiä suhteita havainnollistettiin laskennallisesti (taulukko 21). Graafisen tarkastelun perusteella voidaan todeta ensimmäisen näytteen haitta-ainepitoisuuksien olevan lähes kaikkien aineiden ja ominaisuuksien osalta korkeimmillaan, minkä vahvistaa olettamusta first flush -ilmiöstä maanteilla.

Näytetuloksista (liite 13) havaittiin, että lukuun ottamatta kromia ja öljyhiilivetyjen keskittisiteitä, haitta-aineiden ja ominaisuuksien pitoisuudet laskivat koko 3,5 tunnin mittausjakson aikana noin 10–60 % (taulukko 21).

Taulukko 21. Pitkän sateen näytteistä mitattujen haitta-aineiden ja ominaisuuksien pitoisuuksien muutokset verrattuna edelliseen näytteeseen sekä muutokset koko 3,5 tuntia kestäneen mittausjakson aikana.

Haitta-aine / ominaisuus	Muutos A-B välillä (1 h)	Muutos B-C välillä (2 h)	Muutos C-D välillä (0,5 h)	Kokonais- muutos
Kloridit (kokonaiskloorina)	-45 %	-15 %	-11 %	-59 %
Orgaanisen hiilen kokonaismäärä (TOC)	-35 %	-25 %	-11 %	-57 %
Natrium	-37 %	-15 %	-13 %	-53 %
Kokonaisfosfori	-52 %	+42 %	-29 %	-52 %
Kokonaistyyppi	-36 %	-6 %	-18 %	-50 %
Sähkönjohtavuus (mS/m)	-30 %	-14 %	-11 %	-46 %
Koboltti	-42 %	+36 %	-27 %	-42 %
Sinkki	-44 %	+35 %	-23 %	-41 %
Kiintoaine (GF/C)	-50 %	+55 %	-24 %	-41 %
Lyijy	-40 %	+56 %	-21 %	-27 %
Arseeni	-23 %	+22 %	-18 %	-23 %
Öljyhiilivedyt, keskitisleet (C10-C21)	+18 %	+38 %	-11 %	+45 %
Öljyhiilivedyt raskaat ja- keet (C21-C40)	-24 %	+23 %	-13 %	-18 %
Öljyhiilivedyt (C10-C40)	-17 %	+20 %	-17 %	-17 %
Ammoniumtyppi (NH ₄ -N)	-15 %	+11 %	-11 %	-17 %
4 PAH-yhdisteen summa	-37 %	+192 %	-51 %	-9 %
Kromi	-22 %	+50 %	0 %	+17 %

Tuloksista havaitaan, että suhteessa edellisen näytteen pitoisuuteen kloridien, orgaanisen hiilen kokonaismäärän (TOC), natriumin, kokonaistypen ja sähkönjohtavuuden pitoisuudet laskivat koko näytteenottosarjan ajan, kun muiden haitta-aineiden osalta pitoisuudet välillä nousivat, erityisesti toisen ja kolmannen näytteen (B–C) välillä. Pitoisuuksien kasvu selittyy osin sillä, että ennen kolmannen, C-näytteen ottoa sade muuttui heikosta normaaliksi. Myös liikenne on todennäköisesti ollut vilkkaimmillaan B ja C näytteiden oton aikaan klo 16.00–18.30.

Ensimmäisen tunnin aikana tapahtuva pitoisuuksien lasku on lähes kaikkien haitta-aineiden osalta suurin, noin 15–50 %. Vaikka first flush -ilmiö on näytetulosten perusteella selvästi havaittavissa, sen kestoa on vaikea arvioida. Vaikuttaa kuitenkin siltä, että pitkän sateen aikana saattaa olla useampia, joskin lievempiä first flush -ilmiön tyyppisiä tapahtumia, jos sateen rankkuus kasvaa, kuten näytteenotossa tapahtui ennen C näytettä. Myös liikennemäärien tuntitason muutokset voivat vaikuttaa tuloksiin.

8 Tulosten arviointi ja päätelmät

Maanteiden hulevesiselvityksessä selvitettiin hulevesien laatua viideltä liikennemäärältään erikokoiselta tieltä. Kaikkiaan tutkittiin runsas 100 erilaista ainetta tai ominaisuutta. Näistä 11:n pitoisuus ylitti talousveden laatuvaatimukset ja -suositukset tai pohjaveden ympäristölaatunormin jossakin näytepisteessä. Erityisesti kiintoainetta, tiettyjä metalleja, klorideja ja öljyhiilivetyjä huuhtoutuu teiden hulevesien mukana huomattavia määriä. Myös fosforia ja typpeä huuhtoutuu ajoittain merkittävästi.

Tutkimuksen perusteella maanteiden hulevedet ovat likaisia talousveden laatuvaatimuksiin ja -suosituksiin tai pohjaveden ympäristölaatunormiin verrattuna, kun tarkastellaan edellä mainittua 11 ainetta. 2000-luvun alkupuolella tutkittuun kaupunkialueiden hulevesiverkon huleveden laatuun (Nurmi 2001, Kannala 2001, Kivikangas 2003, Ramboll 2011 mukaan) verrattuna maanteiden hulevedet ovat likaisempia, erityisesti teillä, joilla liikennemäärä on useita kymmeniä tuhansia ajoneuvoja vuorokaudessa. Maanteiden hulevesien havaittiin olevan likaisimmillaan sateen alussa, joskin sateen rankkuuden kasvaessa likapulseja eli haitta-ainepitoisuuksien kasvua saattaa tulla sateen aikanakin. Pääsääntöisesti haitta-ainepitoisuudet kuitenkin laskevat sateen aikana.

Tilastollisen tarkastelun perusteella voitiin todeta suolauksen, sähkönjohtavuuden, kloridien, natriumin, arseenin, lyijyn ja sinkin riippuvan lämpötilasta. Veden laadun osalta vaikutus on todennäköisesti välillinen siten, että suolaus riippuu lämpötilasta ja käytetyn suolan määrä vaikuttaa puolestaan hulevedessä esiintyvien aineiden pitoisuuksiin. Lämpötila vaikutti jonkin verran myös öljyhiilivetyjen ja kiintoaineen pitoisuuteen. Sähkönjohtavuus kloridit, natrium ja ammoniumtyppi riippuivat liikennemäärästä. Liikennemäärän vaikutus voi kuitenkin olla välillinen, koska käytetty suolamäärä kasvaa portaittain tien luokituksen (liikennemäärän) mukaan. Metallien ja fosforin pitoisuus riippui kiintoaineen määrästä.

Huleveden epäpuhtauksien vähentämistä kiintoaineen erotuksen avulla testattiin suodattamalla näyte ja tutkimalla siitä 11 ainetta, joiden pitoisuus ylitti joko talousveden laatuvaatimukset tai -suositukset, pohjaveden ympäristölaatunormin tai muuten aineelle tyypillisen pitoisuuden. Kolmelle aineista (kiintoaine, kokonaisfosfori ja kokonaistyyppi) ei ole määritetty lainsäädännössä laatuvaatimuksia, -suosituksia tai normeja, mutta lopuista 8 näytteistä reilu 60 % alitti suodatuksen jälkeen lainsäädännössä esitetyt laatuvaatimukset ja -suositukset ja normit. Suurin vaikutus suodatuksella oli PAH-yhdisteisiin, lyijyyn, fosforiin ja öljyhiilivetyihin, joiden pitoisuudet vähenivät yli 80 %:lla. Muut suodatuksen jälkeen laatuvaatimukset, -suositukset ja normit alittaneet aineet olivat: kromi, koboltti ja arseeni. Näytteistä ammoniumtyppi, sinkki ja öljyhiilivetyjakeet eivät täyttäneet suodatuksen jälkeenkään kirjallisuudessa annettuja pohjaveden tai talousveden laatuunormeja. Kiintoaineen erotus näyttää kuitenkin mahdolliselta tavalta parantaa hulevesien laatua, jos se nähdään joissakin kohteissa tarpeelliseksi ympäristön suojelun kannalta. Eri käsittelymenetelmien soveltuvuutta on hyvä selvittää tarkemmin lisätutkimuksilla.

Tuloksiin vaikuttaa hyvin monia, tässä tutkimuksessakin lueteltuja eri osatekijöitä, joista osaa, kuten esimerkiksi renkaista irtoavan kumin tai pakokaasujen hiukkaskaskeumien vaikutuksia on haastava arvioida. Lisäksi eri osatekijät vaikuttavat toisiinsa ja niiden yhteisvaikutuksen määrää on vaikea arvioida.

Tulosten tarkastelussa on otettava huomioon muun muassa seuraavat virhelähteet: saman näytteenottokerran näytteitä ei saatu aina samana päivänä eivätkä kaikki näytteet edusta aivan sateen alkuosaa. Alhaisempi haitta-aineiden pitoisuus saattaa siis johtua myös siitä, että näytettä otettaessa, tiealueen suurin haitta-ainepiikki on jo huuhtoutunut. Huleveden epäpuhtauksien pitoisuus laskee sateen jatkuessa (maantietä huuhtovan vesimäärän kasvaessa), mikä osoitettiin sähkönsäilytyksen mittauksen avulla. Siten näytteenottohetki vaikuttaa osaltaan huleveden epäpuhtauksien pitoisuuksiin ja selittää pitoisuuksissa havaittua vaihtelua. Muutamaa näytettä jouduttiin täydentämään vesilammikoista, koska näyteastiaan ei ollut valunut sateen aikana riittävästi vettä. Lisäksi Ylöjärven 7. näytettä oli liian vähän, minkä vuoksi osa analyyseistä, sähkönsäilytys, kloridi ja sulfaatti, jäi tekemättä.

Näytteenottomenetelmistä siltojen "tippaputket" ovat tämän tutkimuksen kokemusten perusteella luotettavin ja helpoin näytteenottomenetelmä maanteiden hulevesien laatua tutkittaessa. Tutkimuksessa myös käytetty kourumenetelmä vaati eniten huoltoa ja oli rikkoutumisasiallinen. Onnistunut näytteenotto kourumenetelmällä vaati myös suurempaa sademäärää. Olevan hulevesikaivon hyödyntäminen olisi pienen kehittelyn avulla luultavasti hyvä näytteenottomenetelmä. Tässä tutkimuksessa kaivoon kertyi kuitenkin huomattavia määriä kiintoainetta tien pientareelta, mikä ei täysin vastaa tavanomaista maantieltä syntyvää hulevettä.

9 Jatkotoimenpiteet

Tämän tutkimuksen perusteella esitetään jatkotutkimusta maanteiden hulevesien haitta-aineiden vaikutuksista ympäristöön sekä tutkimusta haitta-ainepitoisuuksien pienentämiseksi. Haitta-aineiden vaikutukset kohdistuvat ensisijaisesti maanteiden lähialueisiin, mutta niillä voi olla kauaskantoisempiakin vaikutuksia. Jatkotutkimuksessa voidaan arvioida muun muassa hulevesipäästöjen vesistövaikutuksia. Ympäristöhaittojen vähentämiseen liittyy oleellisesti haitta-ainepitoisuuksien pienentäminen esimerkiksi vaikuttamalla niiden syntykohteisiin tai kehittämällä menetelmiä, joilla haitta-aineet voidaan poistaa tai käsitellä ennen hulevesien kulkeutumista ympäristöön tai imeytymistä maaperään. Haitta-aineiden käsittelyssä muun muassa käsitteilyyn tarvittavien rakenteiden sijoittaminen vilkasliikenteisten väylien yhteyteen aiheuttanee haasteita. Haittojen vähentämisen osalta on kustannussyistä järkevää keskittyä niihin aineisiin tai aineryhmiin, joiden ympäristövaikutukset todetaan merkittävimiksi.

Kirjallisuusluettelo

Heikkilä, T., 1998. Tilastollinen tutkimus. Edita Prisma Oy, Helsinki 2008, ISBN 978-951-37-4812-8. 308 s. + 3 liit.

Jokela, H. 2008. Maanteiden hulevesien laatu. Kirjallisuusselvitys. Tiehallinnon sisäisiä julkaisuja 81/2008. Tiehallinto, Helsinki 2008. 47 s. + 1 liit.

Kjölholt Jesper 1997. Miljøfremmede stoffer i overfladeafstrømning fra befæstede arealer. Litteraturgennemgang og konkrete undersøkelser .Miljöprojekt nr. 355. Miljö- og Energiministeriet, Miljøstyrelsen. Saatavilla [www-muodossa](http://www.muodossa):

<URL: <http://www.mst.dk/udgiv/Publikationer/1997/87-7810-763-6/pdf/87-7810-763-6.PDF>> Kotolan & Nurmisen referoimana 2003.

Lahermo, P. 1996 ja 1990. Suomen geokemian Atlas.

Laukkanen, K., Halonen, P. Pyy, E. 2012. Asfalttimassan kestävyys jäätymis-sulamista sekä veden ja kuormien yhteisvaikutusta vastaa. Asfadur-projekti – loppuraportti. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 20/2012, Helsinki 2012. s. 48 [Viitattu 30.8.2012]. Saatavilla:

http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf3/lts_2012-20_asfalttimassan_kestavyys_web.pdf

Nurmi 2001, Sadevesiviemäreiden vedenlaatu. Helsingin ympäristökeskus; Kannala 2001, Vaasan kaupungin hulevesikuormituksen vähentäminen; Kivikangas 2002, Järvenpäästä Tuusulanjärveen laskevien hulevesin ja muiden valumavesien ominaisuuksia (In: Kotola ja Nurminen 2003, Kaupunkialueen hydrologiaa). In: Ramboll 2011, Syrjälänkankaan teollisuusalueen hulevesiselvitys, s. 21, taulukko 13).

Oravainen, R. 1999. Opasvihkonen vesistötulosten tulkitsemiseksi. Saatavilla: <http://www.kvvy.fi/opasvihkonen.pdf>

Salminen & Kalevi, 2008. liukkaudentorjunta-aineet ja asfalttipäällysteet. LIUTA-projektin loppuraportti. Suomen ympäristö 38.

Teiden suunnittelu IV. Tien rakenne 4, kuivatus (1993) ja sen päivitykseen liittyvä esiselvitys kuivatusohjeen päivitystä varten (Taina Rantanen, SITO, Tampere, 2011).

Tixel. Tilastollinen Tixel-tietokoneohjelma, Excel-ympäristössä, Visual Basic -ohjelmointikielellä (VBA).

Uudenmaan ELY-keskus, 2011. VT! Lohja-Lohjanharju pintavesi- ja pohjavesitarkkailu 2009-2010 -raportti

Valtanen, M., Sillanpää, N., Hättinen, N., Setälä, H. 2010. Hulevesien imeyttäminen ja suodattaminen: haitta-aineet ja menetelmät. Helsingin Yliopisto. Ympäristötieteiden laitos. STORMWATER-hanke. Kirjallisuusselvitys 10.10.2010. Saatavissa:

http://ymparisto.lahtisbp.fi/easydata/customers/ymparisto/files/kuva/hy_kirjallisuusselvitys2010_valmis.pdf

Vestola, E., Pohjanne, P., Carpén L., Kaunisto, T., Ahlroos, T. 2006. Kalsiumkloridin vaikutuksia. Tiehallinnon selvityksiä 38/2006, Helsinki 2006. s. 46. [Viitattu 30.8.2012]. Saatavilla: http://alk.tiehallinto.fi/julkaisut/pdf/3201014-vkalsiumkloridin_sivuvaik.pdf

Liukkauden torjunnassa käytetty suolamäärä eri hoitoluokan teillä

Taulukko 1. Suolan käyttö (tonnia/tiekm) talvikausittain valtakunnallisesti

Hoitoluokka ja liukkaudentorjuntatapa	Suolan käyttö (tonnia/tiekm), talvikausittain (edellisen vuoden lokakuu- kuluun vuoden syyskuu) VALTAKUNNAN TASON TIETO		
	2010	2011	2012
			tilanne 17.9.2012
Is (2-ajorataiset) (suolaus)	12,3	14,2	15,3
Is (1-ajorataiset) (suolaus)	4,2	5,4	6,4
I (suolaus)	4,1	5,2	6,3
I b (hiekoitus ja suolaus)	1,5	1,7	2,3
II ja III (hiekoitus ja suolahiekka)	0,1	0,1	0,1

Taulukko 2. Suolan käyttö yhteensä (tonnia) eri urakka-alueilla

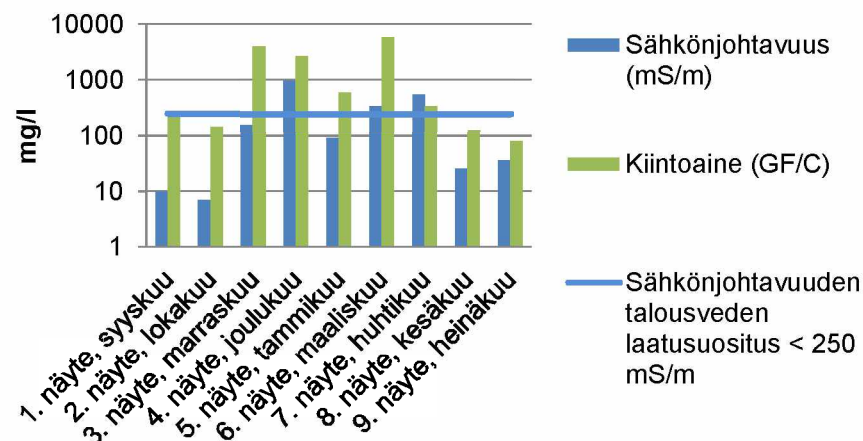
		Suolan käyttö (tonnia) ko. hoitoluokan teillä yhteensä ko. urakka-alueella							
Näytepiste (Urakka-alue)	Hoitoluokka	10/2011	11/2011	12/2011	1/2012	2/2012	3/2012	4/2012	Yhteensä
									tilanne 17.9.2012
Uusimaa / Kehä I (Vantaa)	Is (2-ajoratainen)	0,0	86,0	586,0	1184,0	871,0	1000,0	218,0	3945,0
Pirkanmaa / Läntinen kehä, VT3 (Tampere)	Is (2-ajoratainen)	33,6	141,9	564,4	460,0	235,0	224,5	87,0	1746,4
Pirkanmaa / KT 65, Ylöjärvi (Tampere)	Is (2-ajoratainen)	33,6	141,9	564,4	460,0	235,0	224,5	87,0	1746,4
Pirkanmaa / KT 65, Ylöjärvi (Tampere)	Is (1-ajoratainen)	8,0	91,2	363,7	296,0	151,0	144,7	56,0	1110,6
Pirkanmaa / Aitoniementie (Orivesi)	III (hiekoitushiekan suola)	0,0	0,0	12,0	16,5	29,4	14,0	0,0	71,9

Taulukko 3. Suolan käyttö (tonnia/tiekm) eri urakka-alueilla

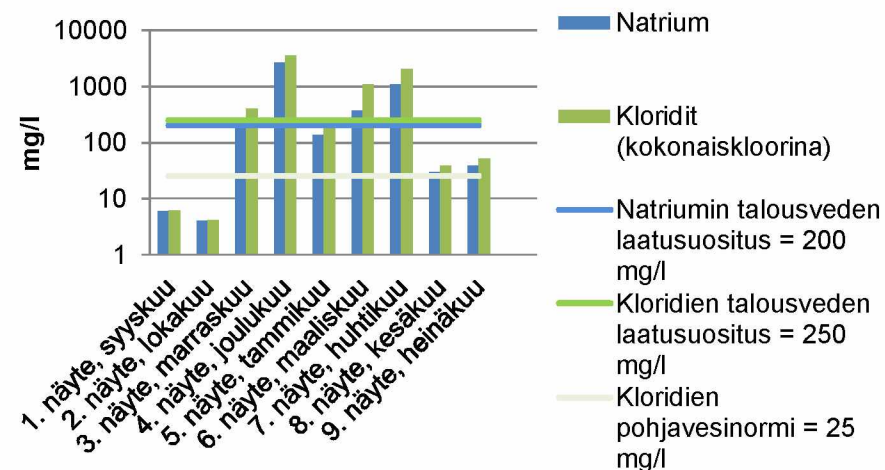
		Suolan käyttö (tonnia/tiekm) ko. hoitoluokan teillä yhteensä ko. urakka-alueella								
Näytepiste (Urakka-alue)	Hoitoluokka	Tiekm ko. hoitoluokassa ko. urakka-alueella (1.1.2012)	10/2011	11/2011	12/2011	1/2012	2/2012	3/2012	4/2012	Yhteensä
										tilanne 17.9.2012
Uusimaa / Kehä I (Vantaa)	Is (2-ajoratainen)	136,3	0,0	0,6	4,3	8,7	6,4	7,3	1,6	29,0
Pirkanmaa / Läntinen kehä (Tampere)	Is (2-ajoratainen)	114,3	0,3	1,2	4,9	4,0	2,1	2,0	0,8	15,3
Pirkanmaa / KT 65 (Tampere)	Is (2-ajoratainen)	114,3	0,3	1,2	4,9	4,0	2,1	2,0	0,8	15,3
Pirkanmaa / KT 65 (Tampere)	Is (1-ajoratainen)	183,4	0,0	0,5	2,0	1,6	0,8	0,8	0,3	6,1
Pirkanmaa / Aitoniementie (Orivesi)	III (hiekoitushiekan suola)	489,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,1

NÄYTTEENOTON TULOKSET JA LAATUVAATIMUKSET, -SUOSITUKSET JA
NORMIT: KEHÄ I

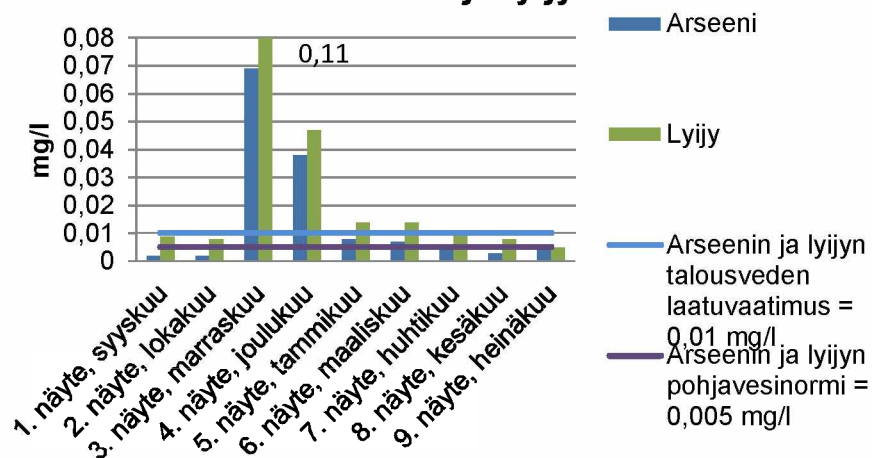
Sähkönjohtavuus ja kiintoaine



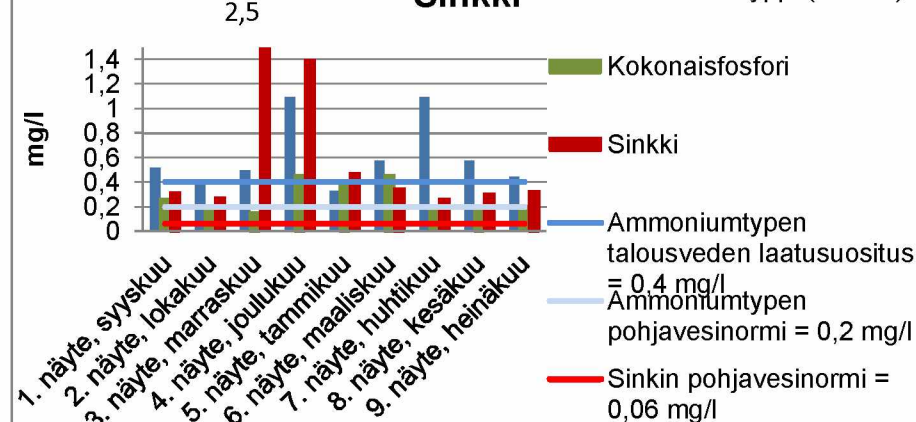
Natrium ja kloridit



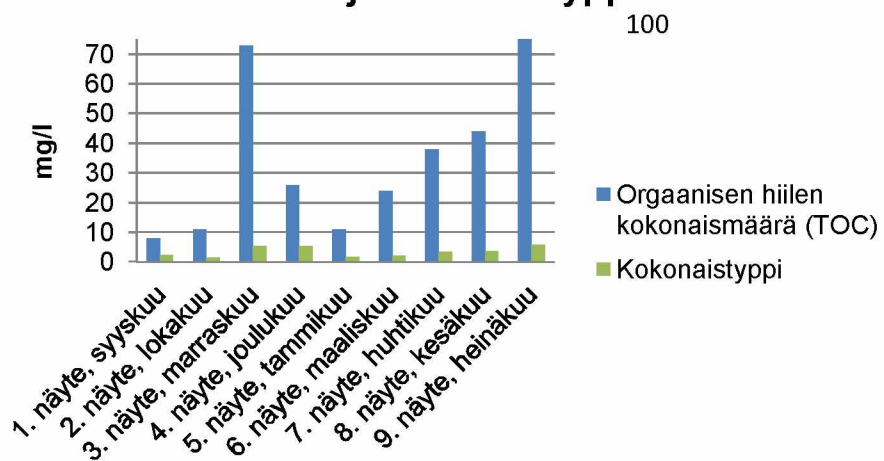
Arseeni ja lyijy



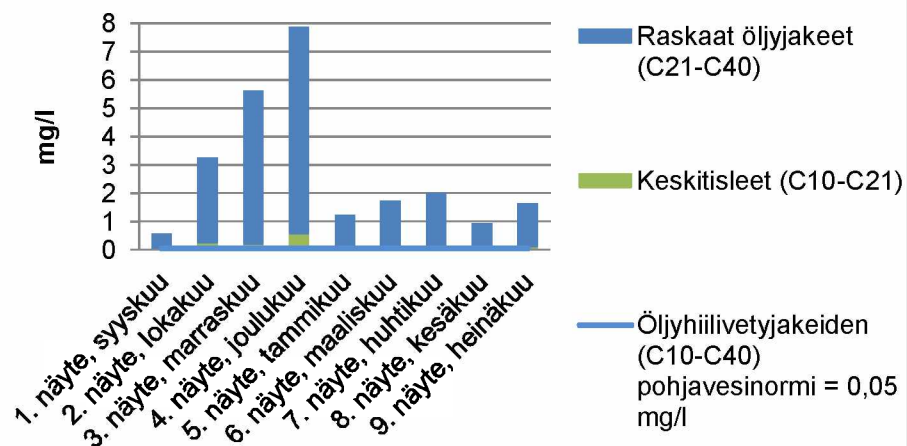
Ammoniumtyppi, kokonaisfosfori ja Sinkki



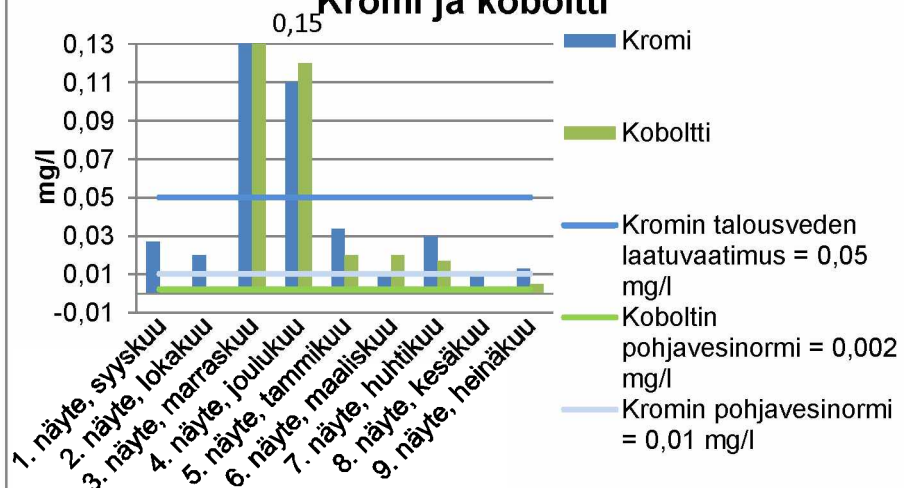
TOC ja kokonaistyyppi



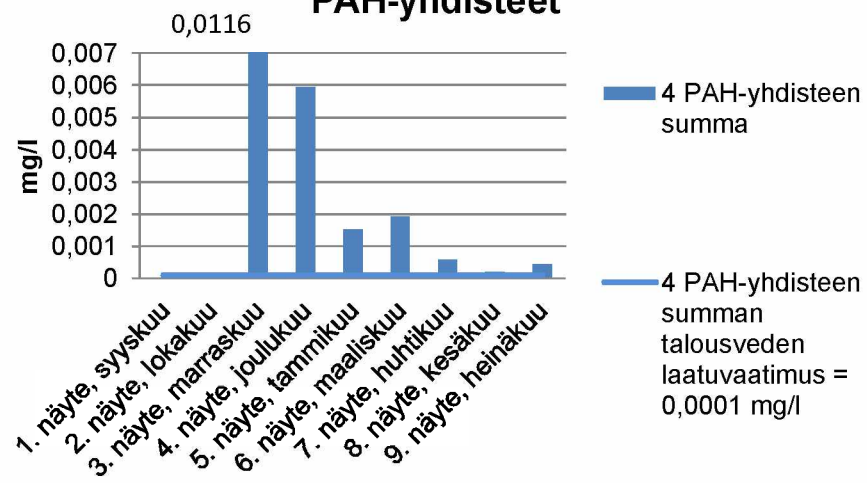
Öljyhiilivetyjakeet yhteensä



Kromi ja koboltti

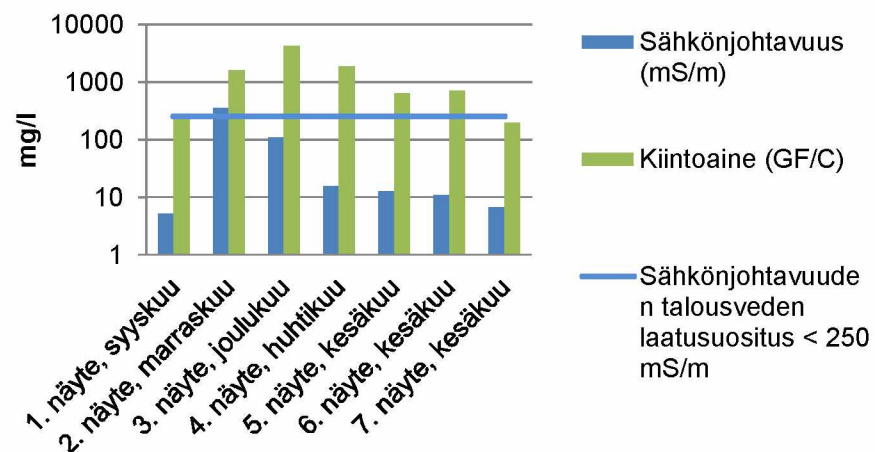


PAH-yhdisteet

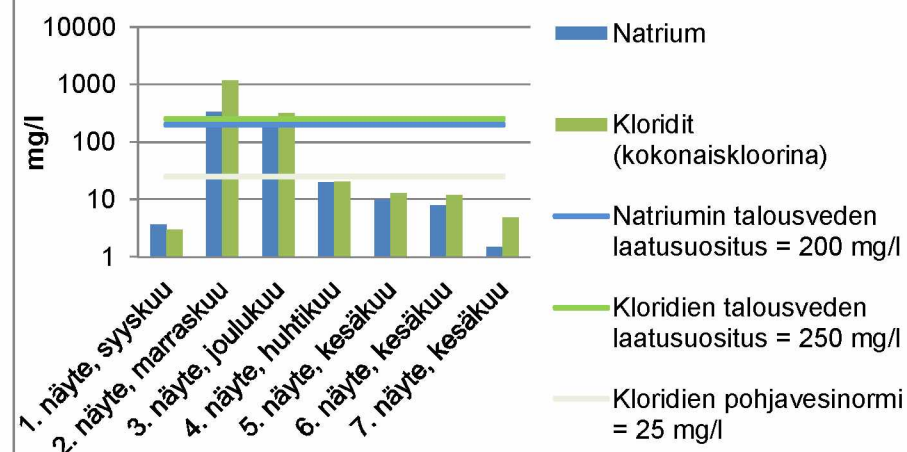


NÄYTTEENOTON TULOKSET JA LAATUVAATIMUKSET, -SUOSITUKSET
JA NORMIT: PIRKANMAA – SARANKULMA

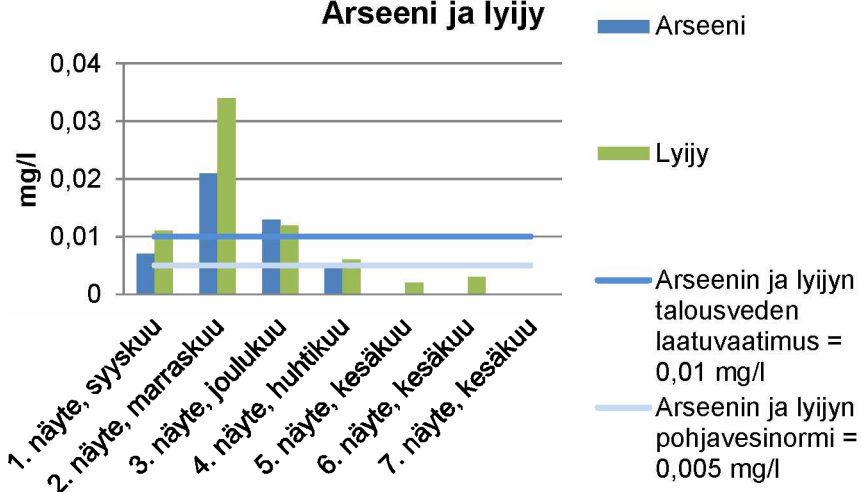
Sähkönjohtavuus ja kiintoaine



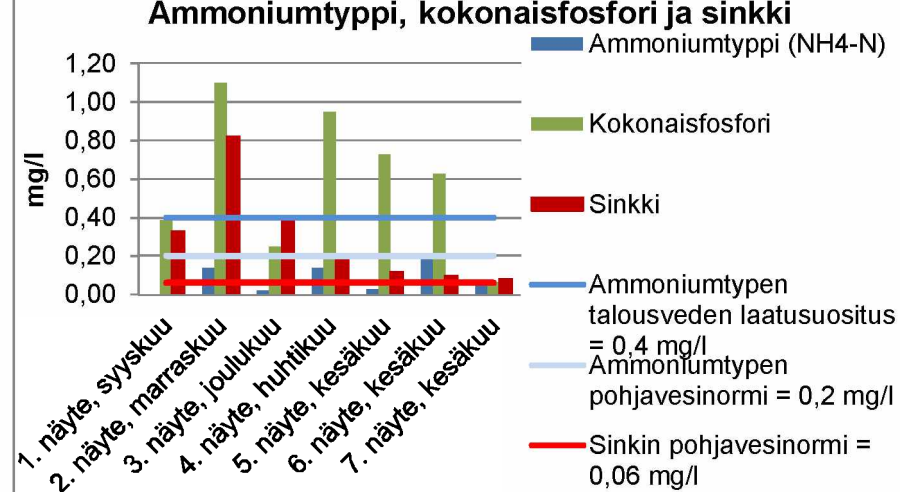
Natrium ja kloridit



Arseeni ja lyijy

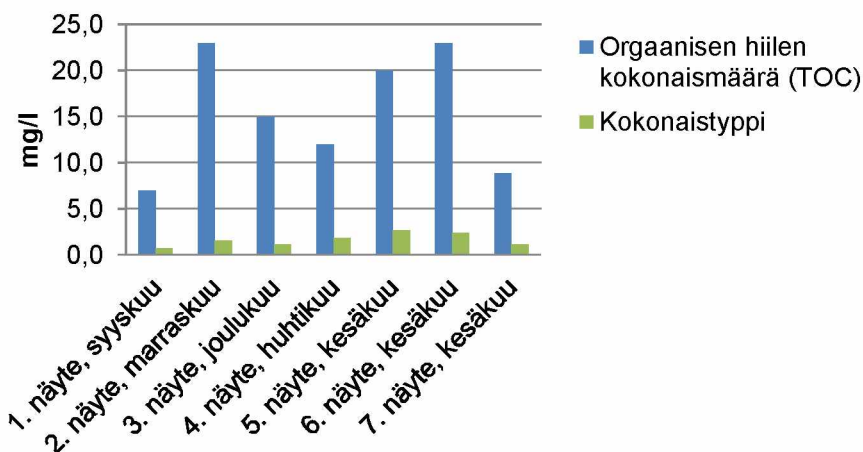


Ammoniumtyppi, kokonaisfosfori ja sinkki

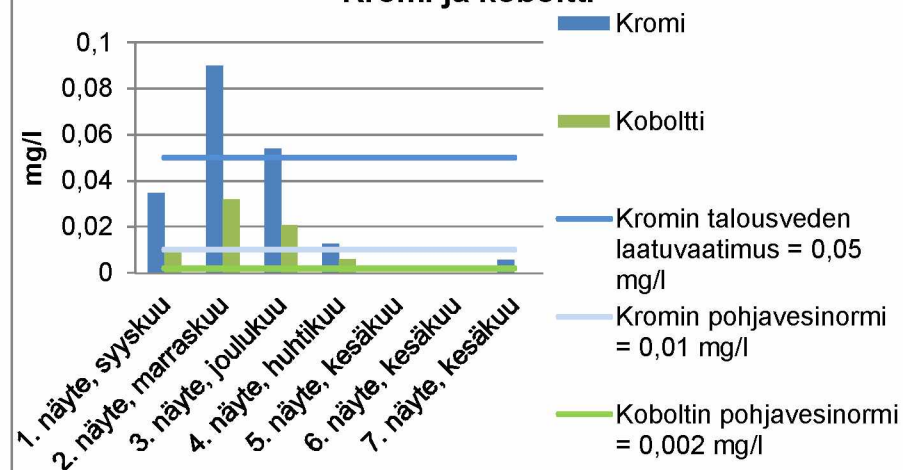


NÄYTTEENOTON TULOKSET JA LAATUVAATIMUKSET, -SUOSITUKSET
JA NORMIT: PIRKANMAA – SARANKULMA

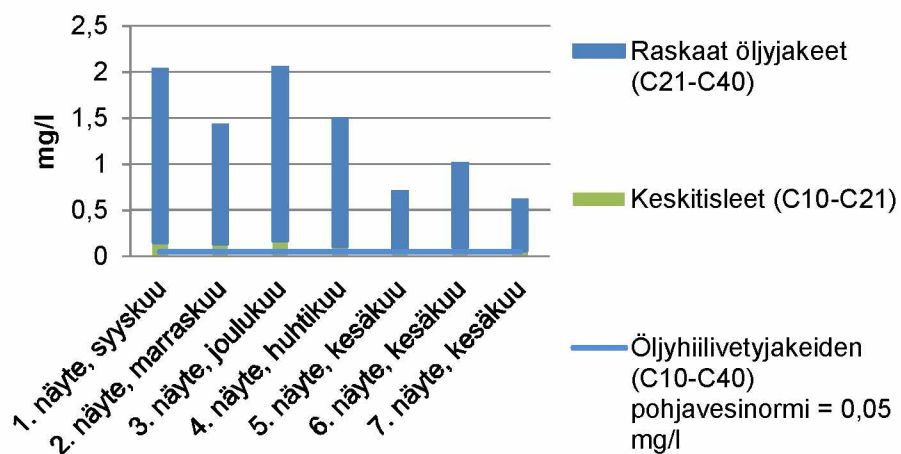
TOC ja kokonaistyyppi



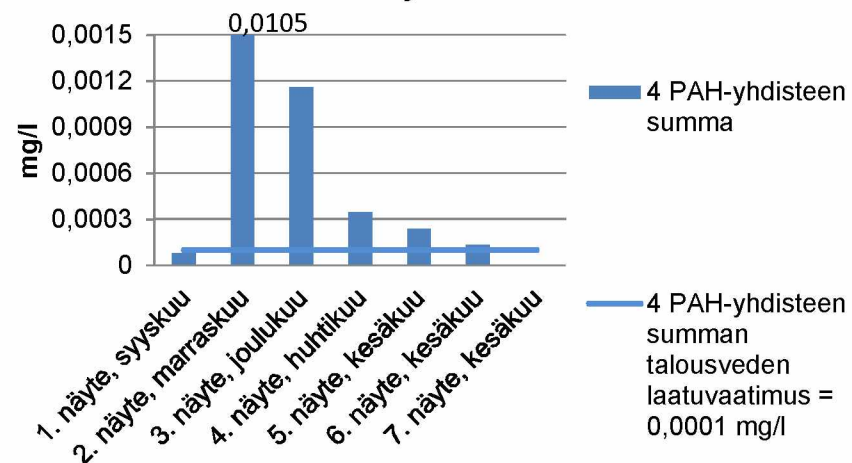
Kromi ja koboltti



Öljyhiilivetyjakeet yhteensä

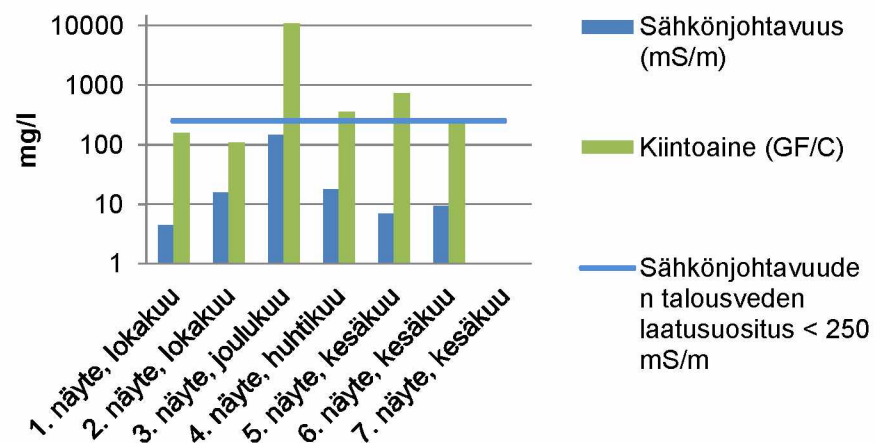


PAH-yhdisteet

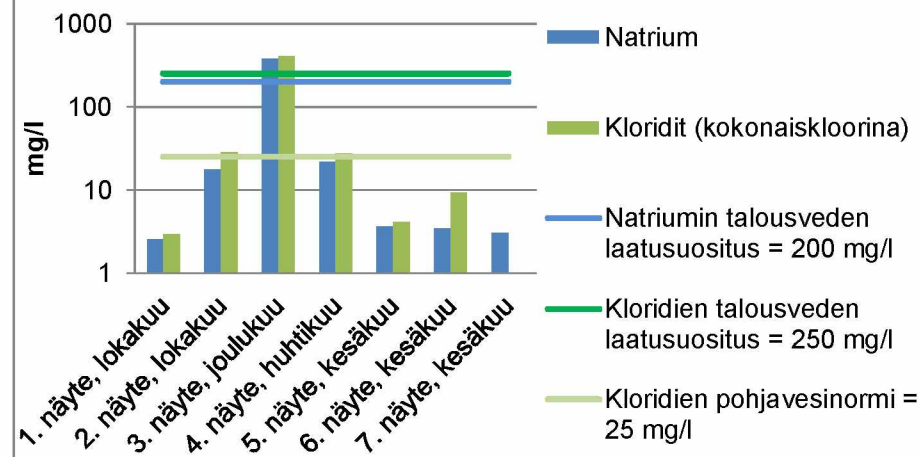


NÄYTTEENOTON TULOKSET JA LAATUVAATIMUKSET, -SUOSITUKSET JA
NORMIT: PIRKANMAA - YLÖJÄRVI

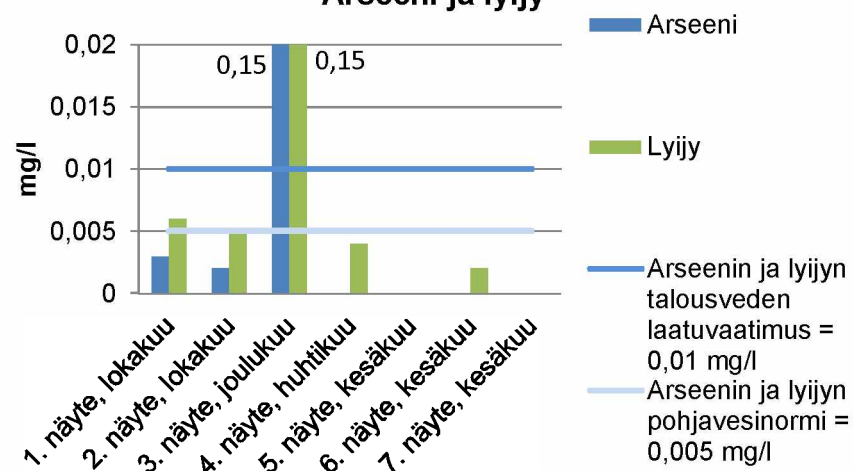
Sähkönjohtavuus ja kiintoaine



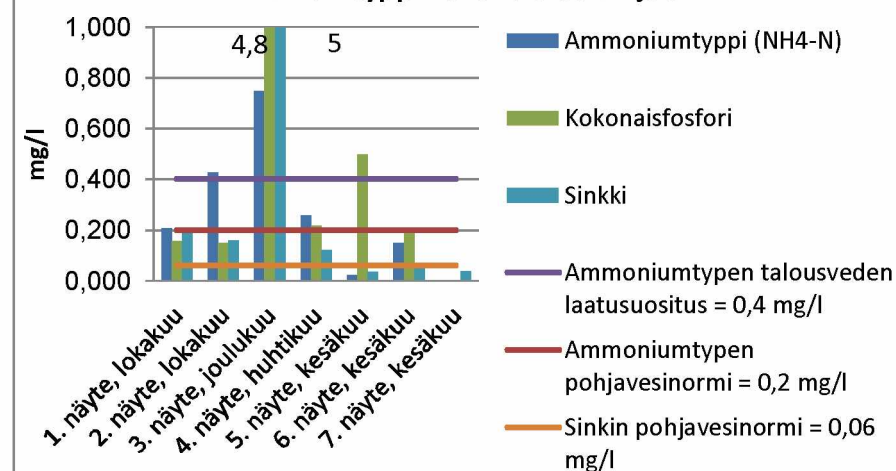
Natrium ja kloridit



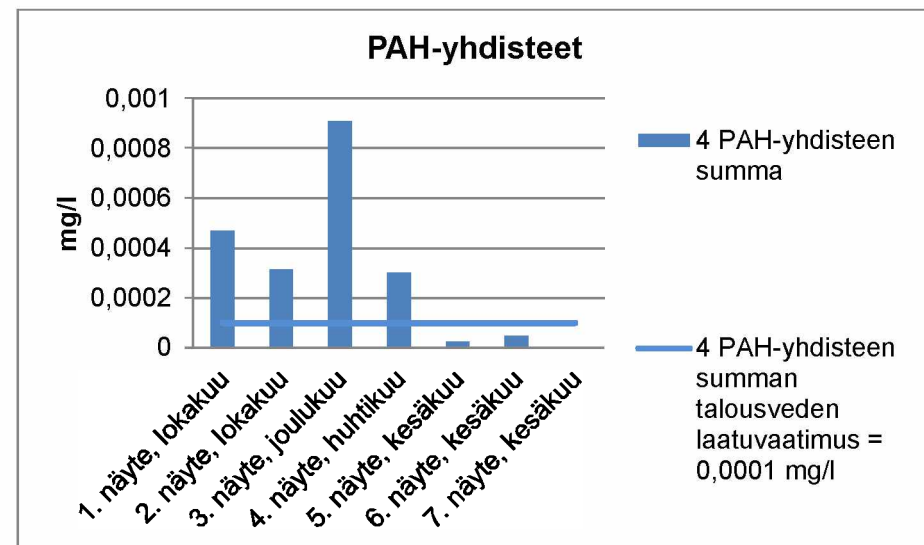
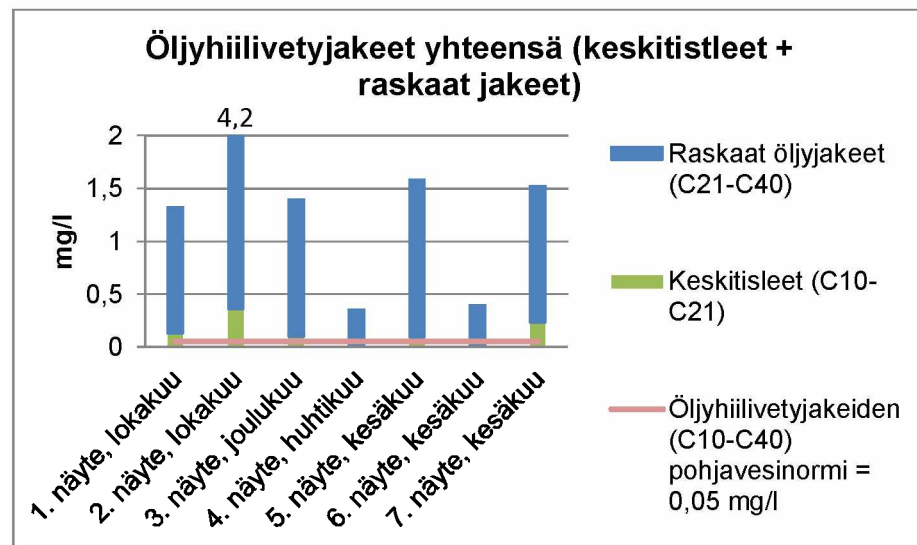
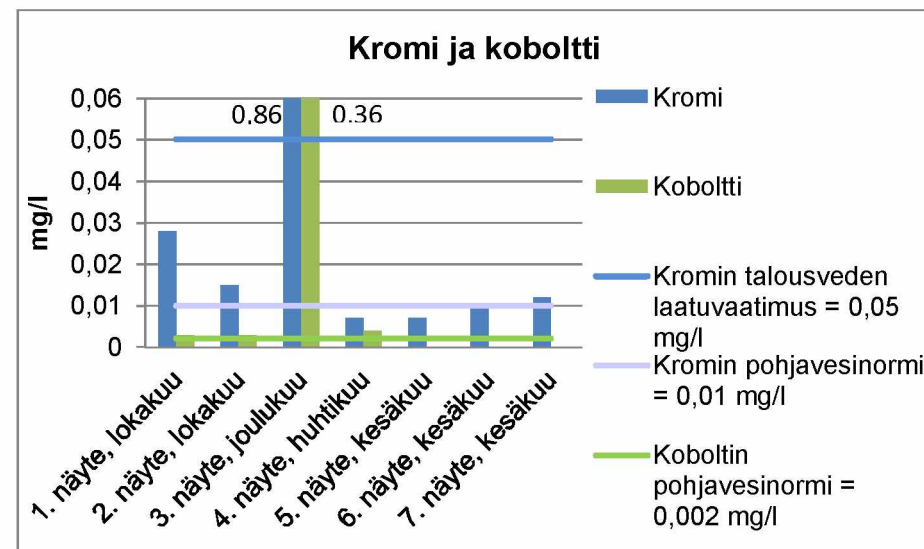
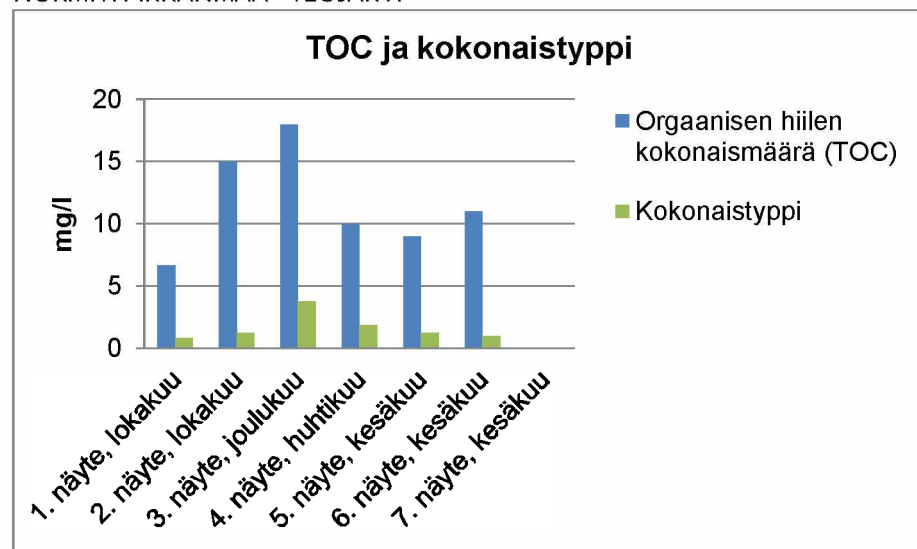
Arseeni ja lyijy



Ammoniumtyppi kokonaisfosfori ja sinkki

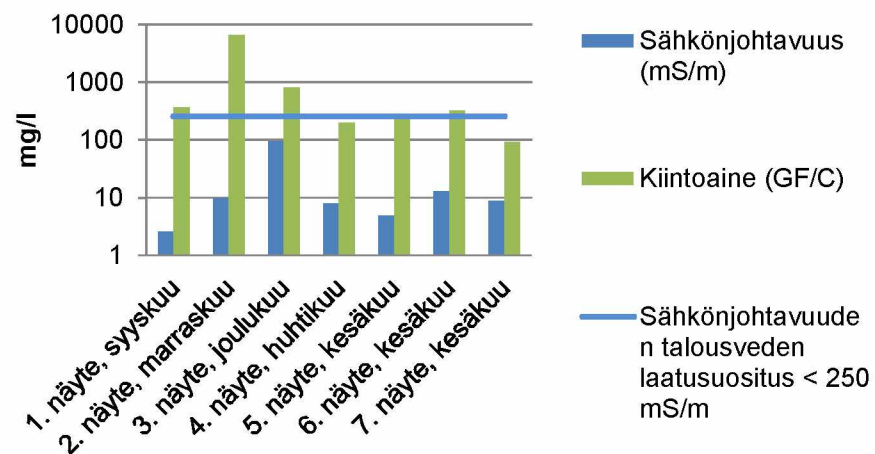


NÄYTTEENOTON TULOKSET JA LAATUVAATIMUKSET, -SUOSITUKSET JA
NORMIT: PIRKANMAA - YLÖJÄRVI

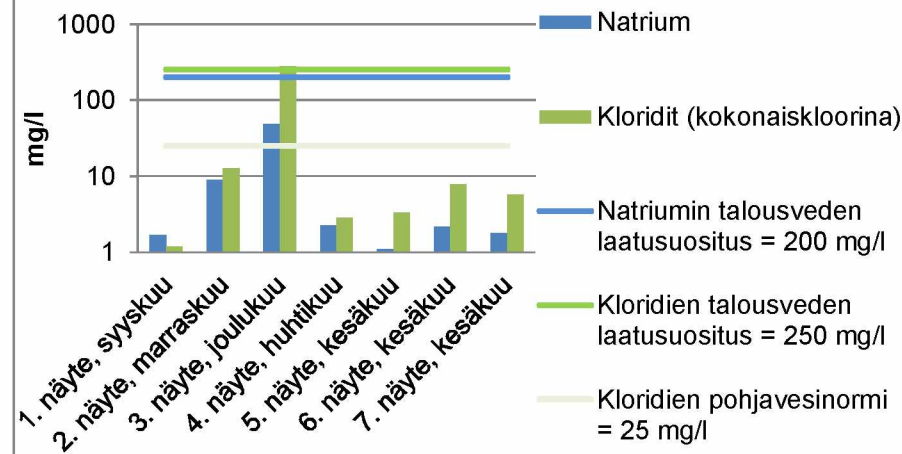


NÄYTTEENOTON TULOKSET JA LAATUVAATIMUKSET, -SUOSITUKSET
JA NORMIT: PIRKANMAA - KANGASALANTIE

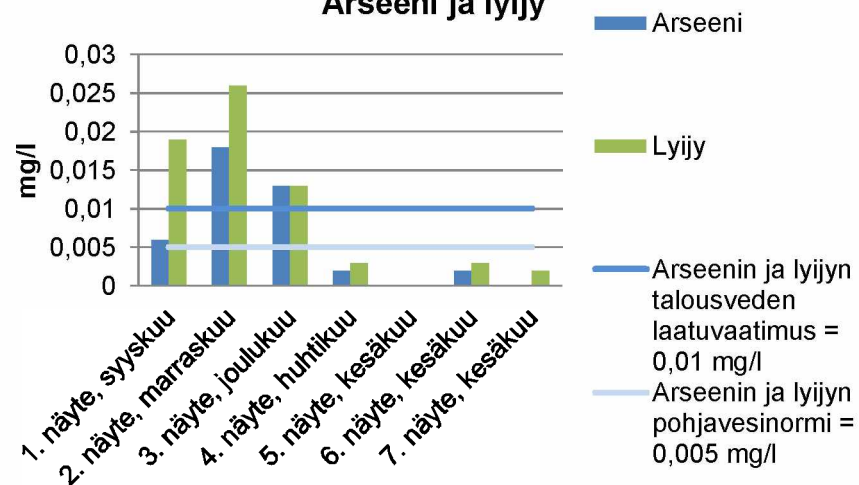
Sähkönjohtavuus ja kiintoaine



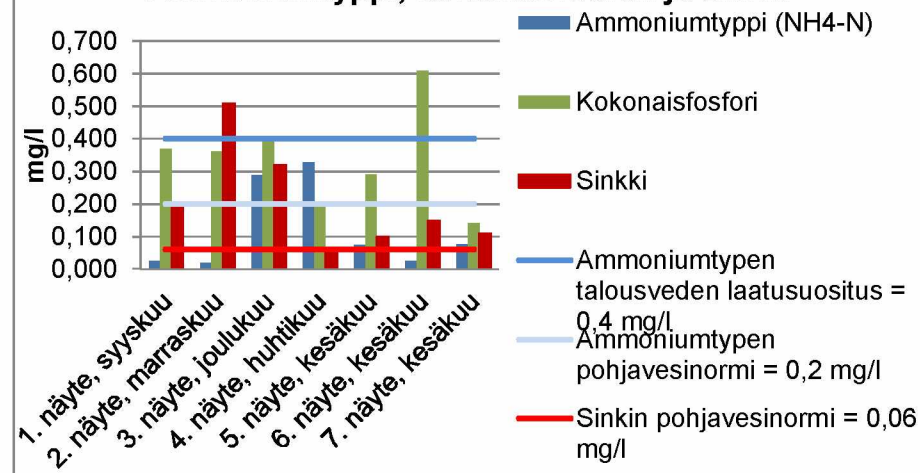
Natrium ja kloridit



Arseeni ja lyijy

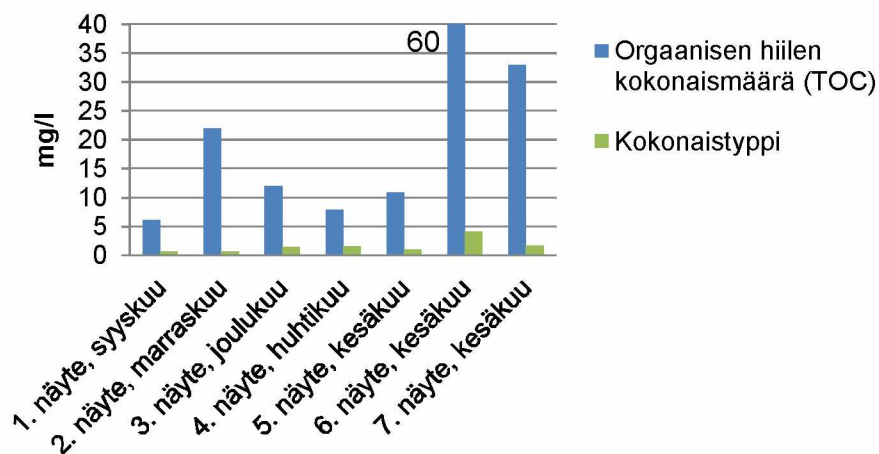


Ammoniumtyppi, kokonaisfosfori ja sinkki

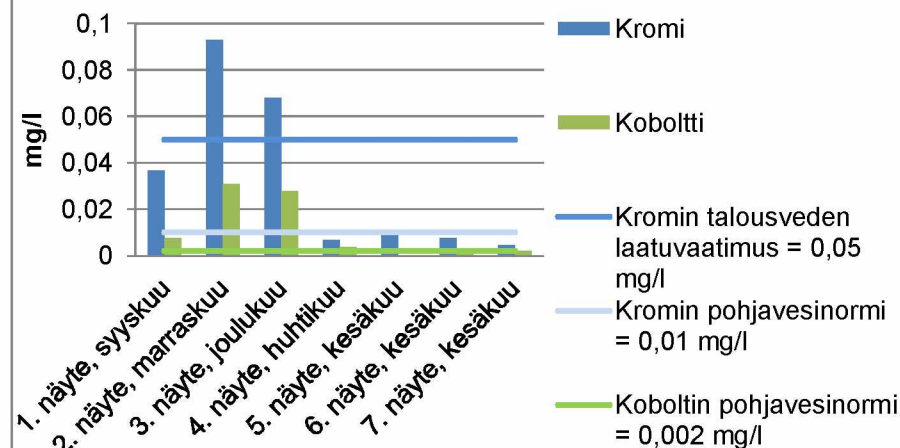


NÄYTTEENOTON TULOKSET JA LAATUVAATIMUKSET, -SUOSITUKSET
JA NORMIT: PIRKANMAA - KANGASALANTIE

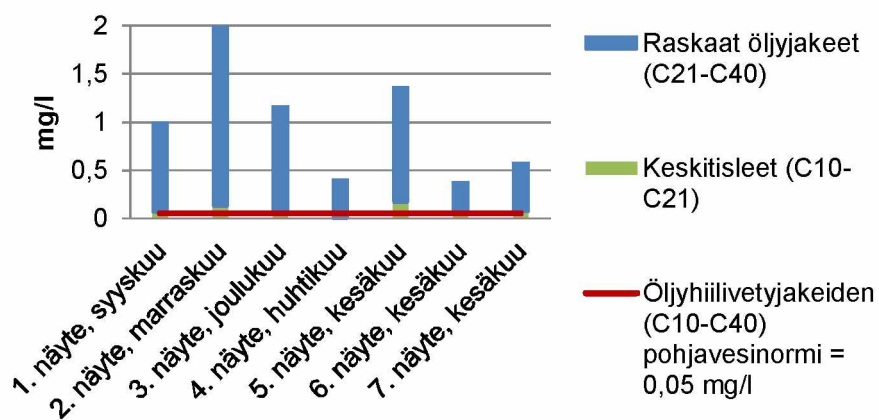
TOC ja kokonaistyyppi



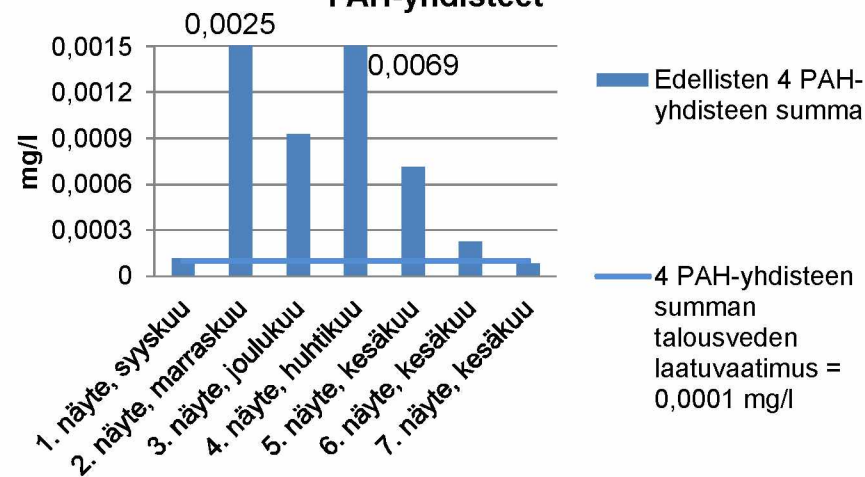
Kromi ja koboltti



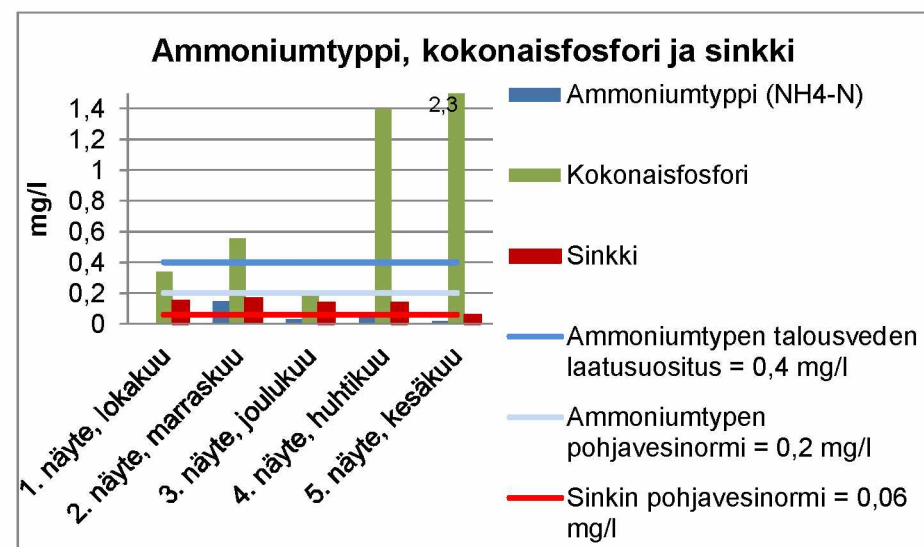
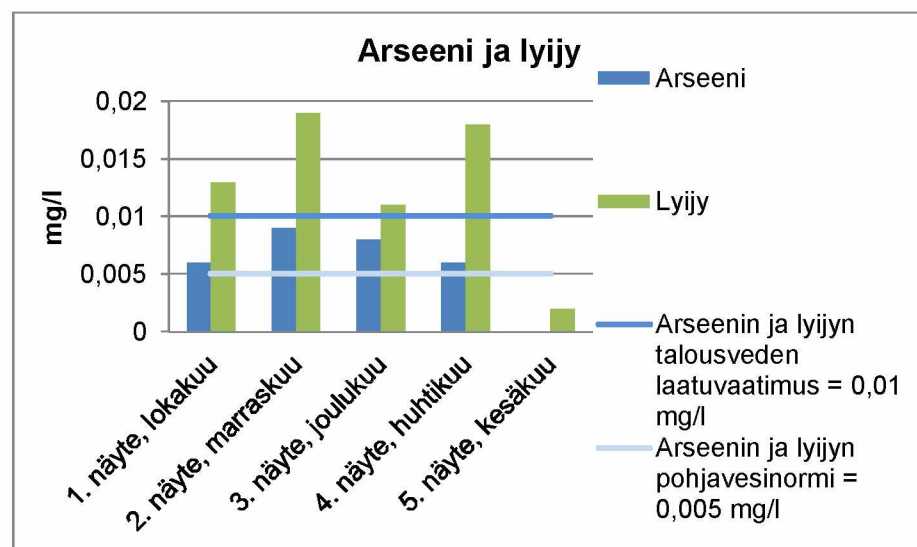
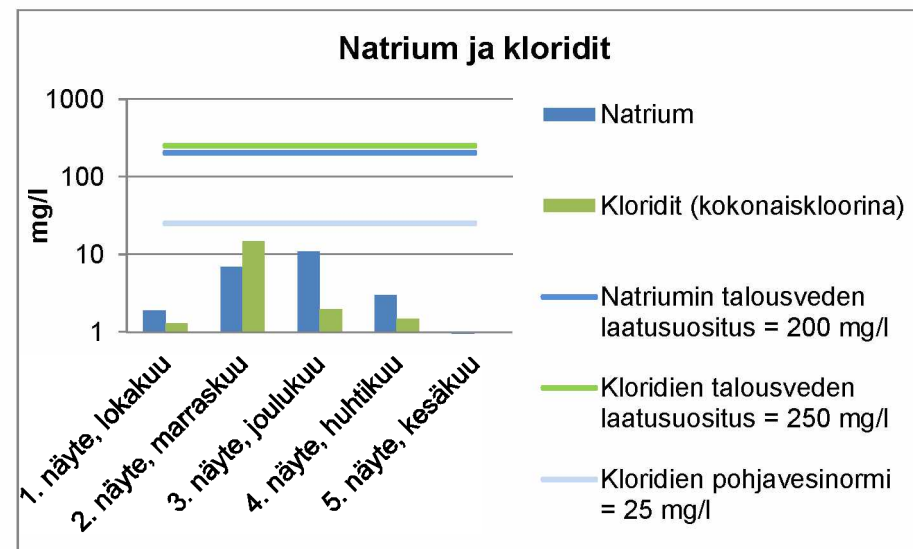
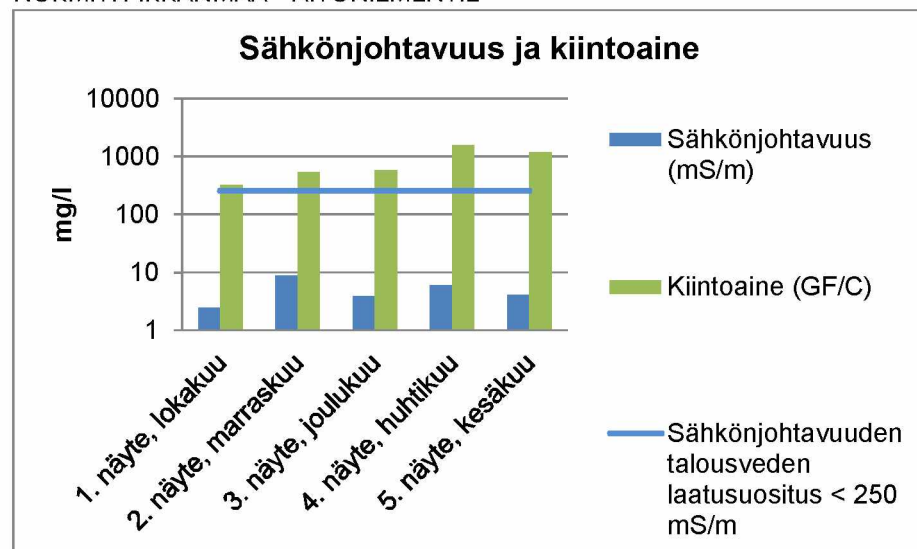
Öljyhiilivetyjakeet yhteensä (keskitisleet + raskaat jakeet)



PAH-yhdisteet

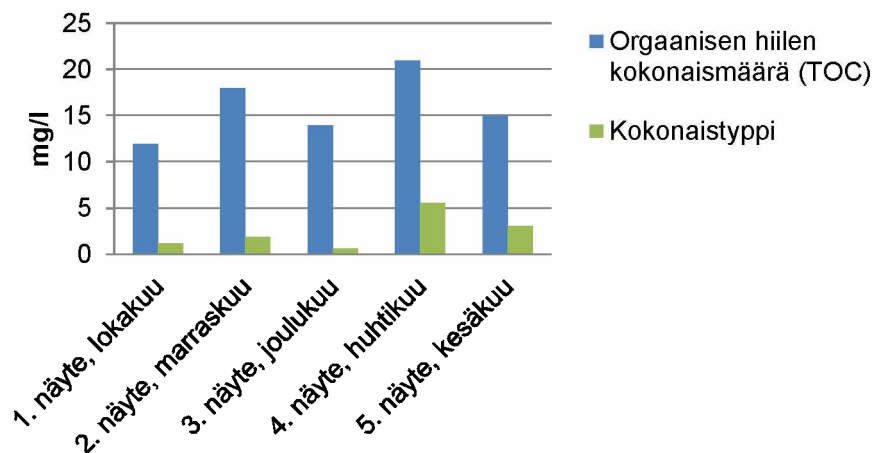


6.NÄYTTEENOTON TULOKSET JA LAATUVAATIMUKSET, -SUOSITUKSET JA
NORMIT: PIRKANMAA – AITONIEMENTIE

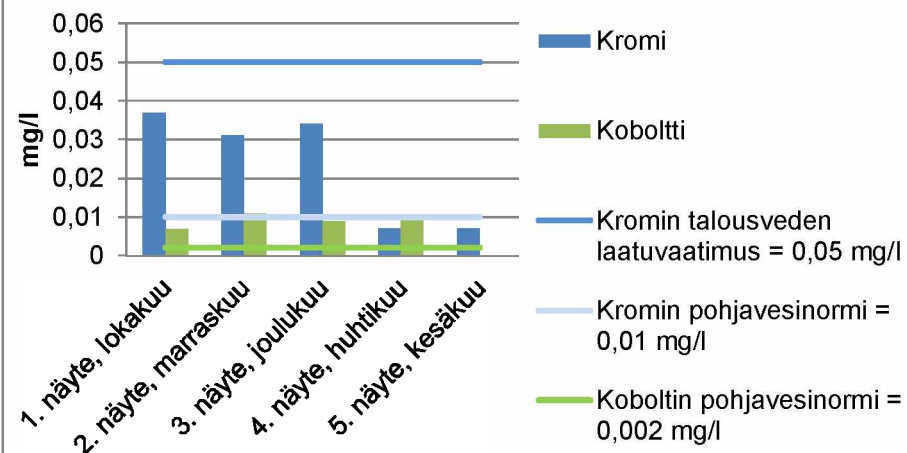


6.NÄYTTEENOTON TULOKSET JA LAATUVAATIMUKSET, -SUOSITUKSET JA
NORMIT: PIRKANMAA – AITONIEMENTIE

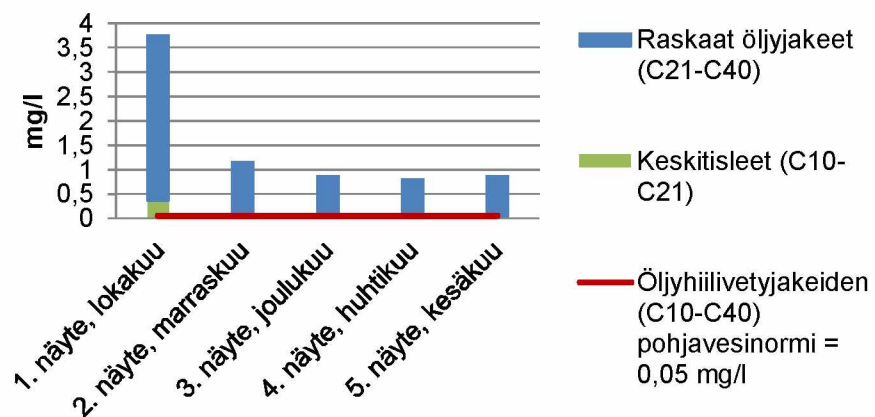
TOC ja kokonaistyyppi



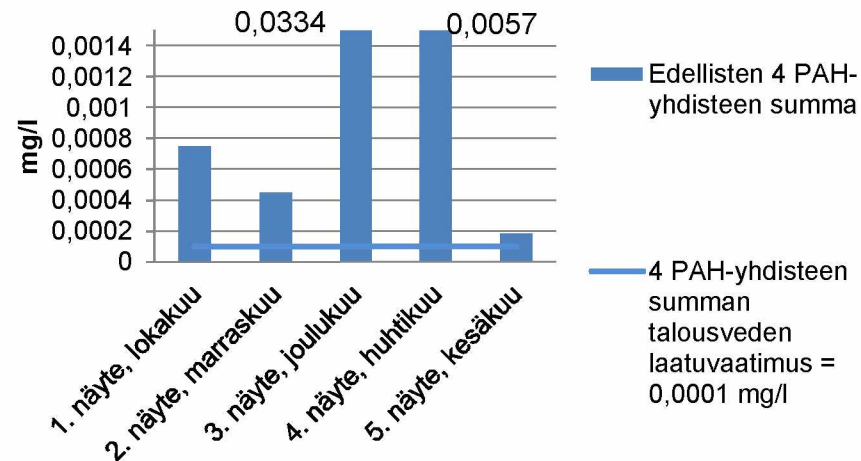
Kromi ja koboltti



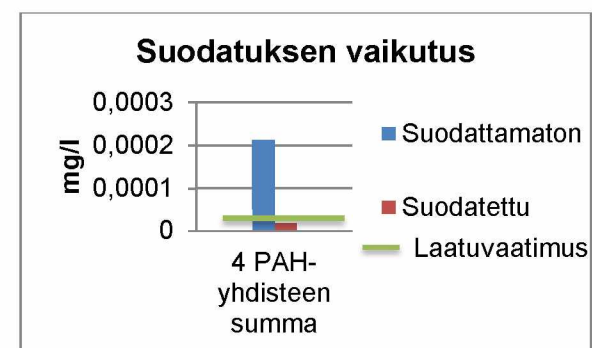
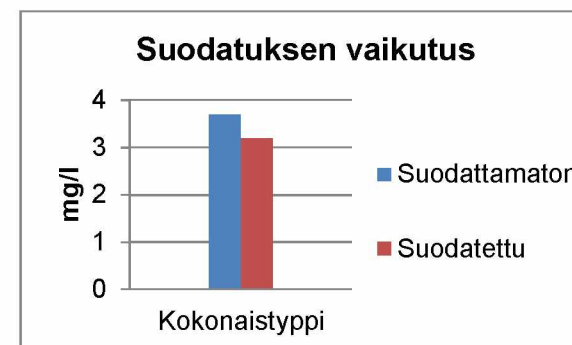
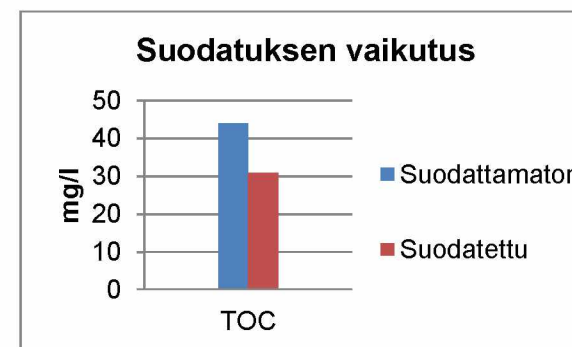
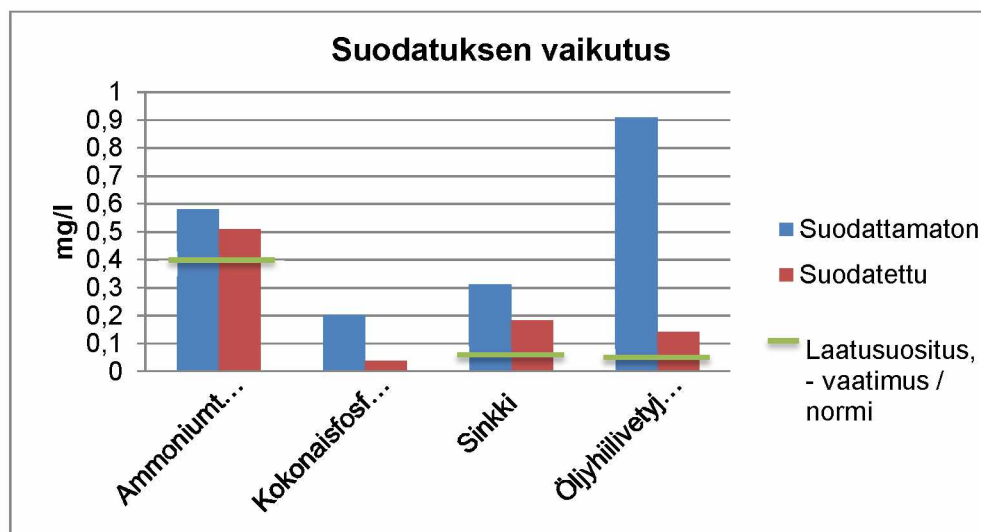
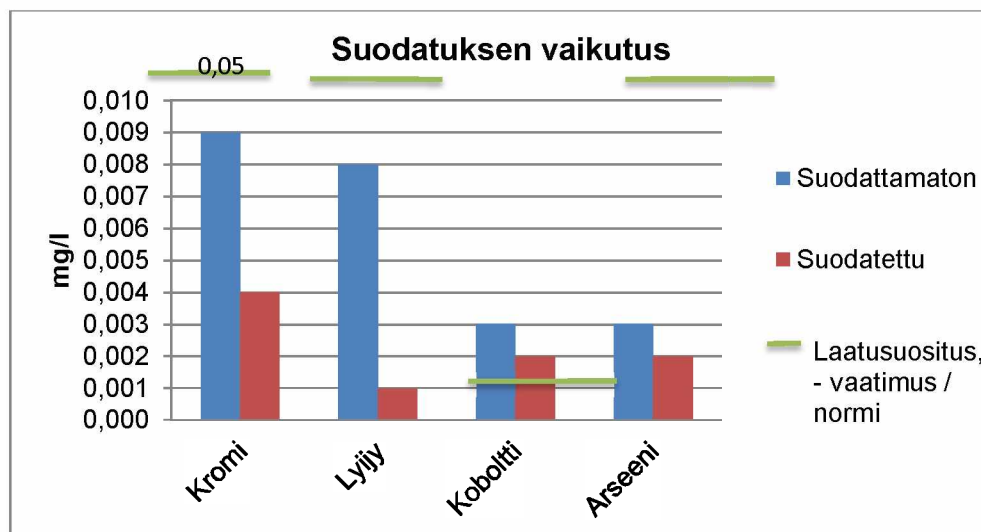
Öljyhiilivetyjakeet yhteensä (keskitisleet + raskaat jakeet)



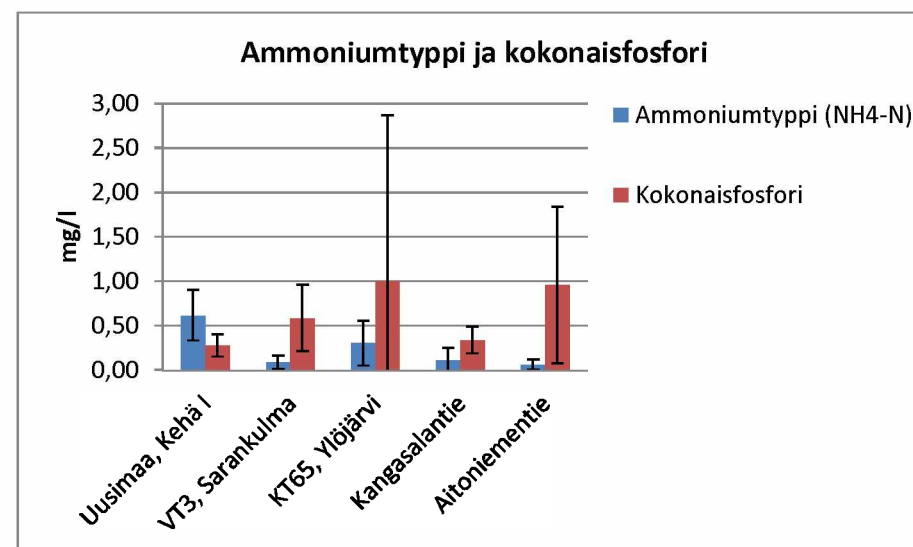
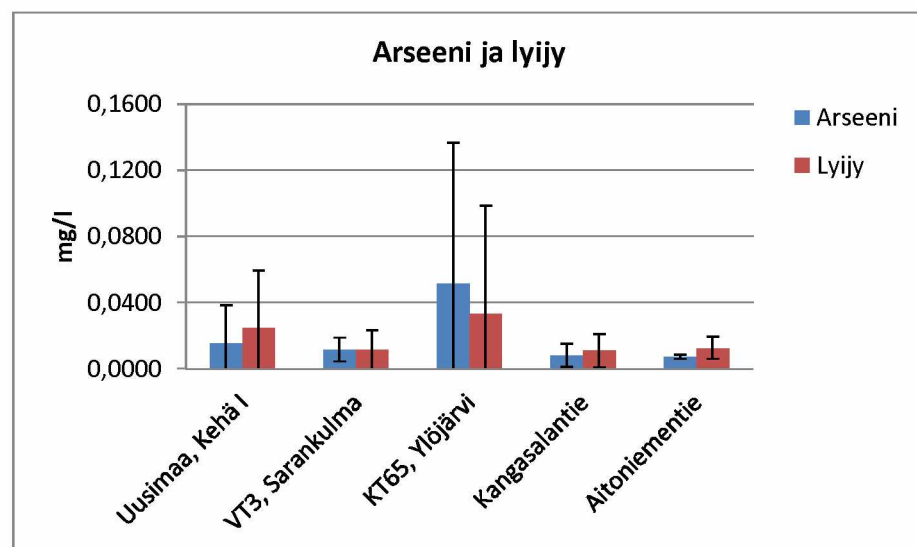
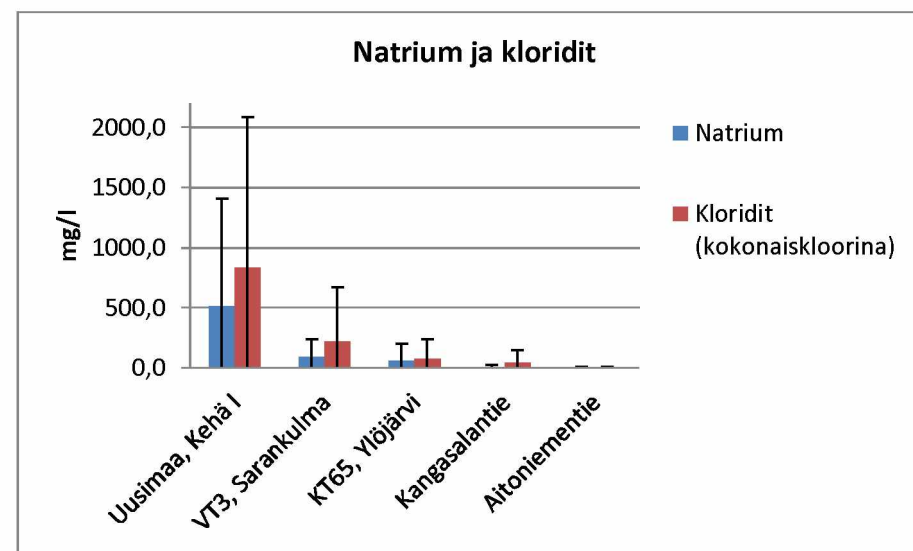
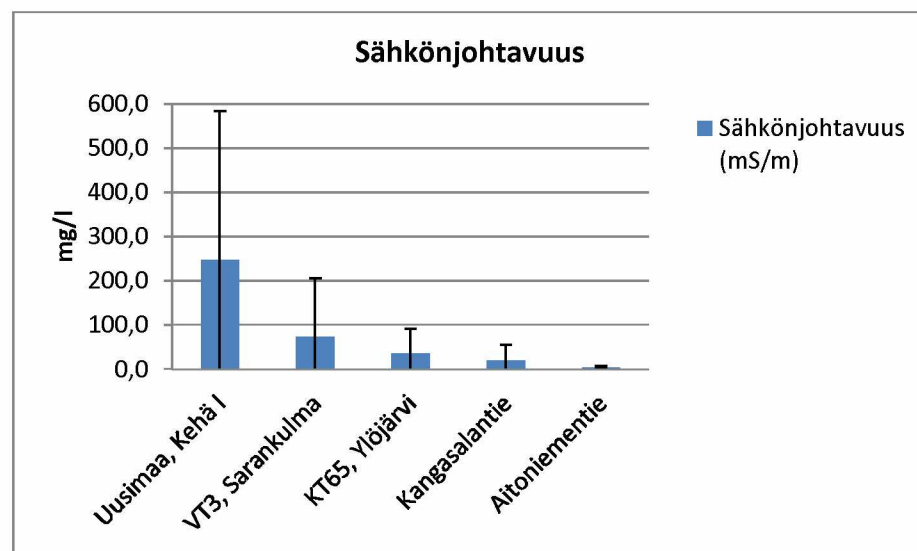
PAH-yhdisteet



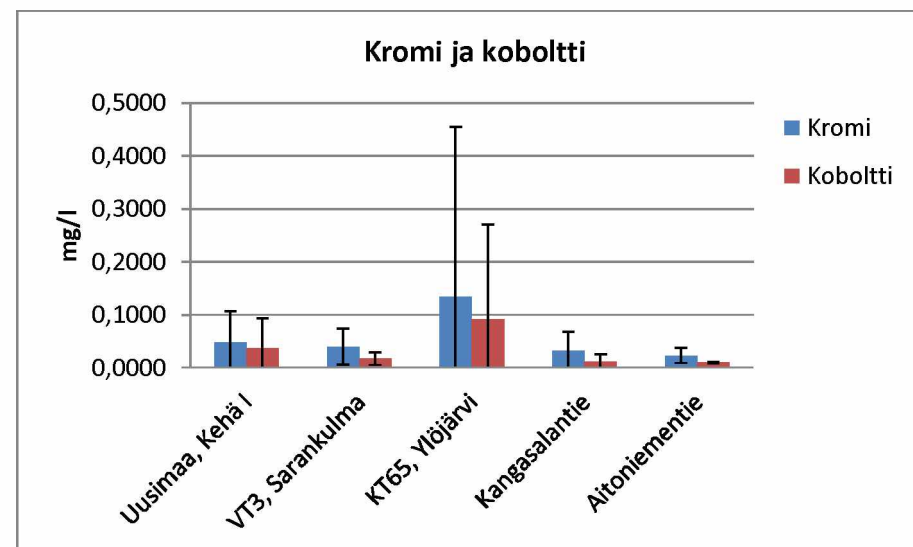
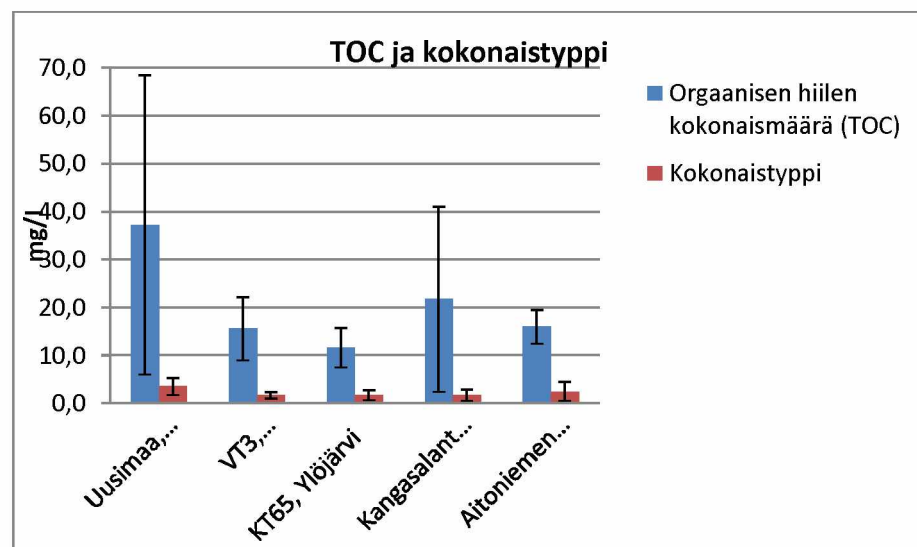
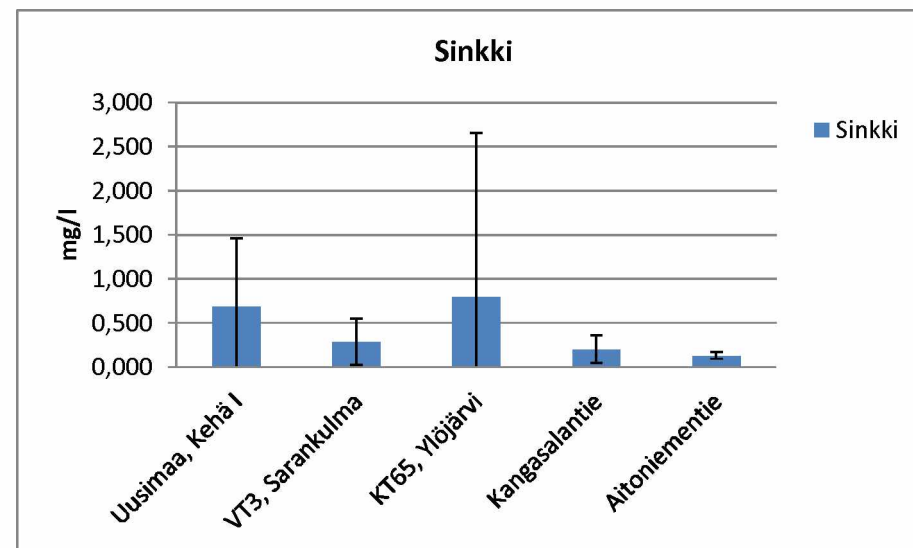
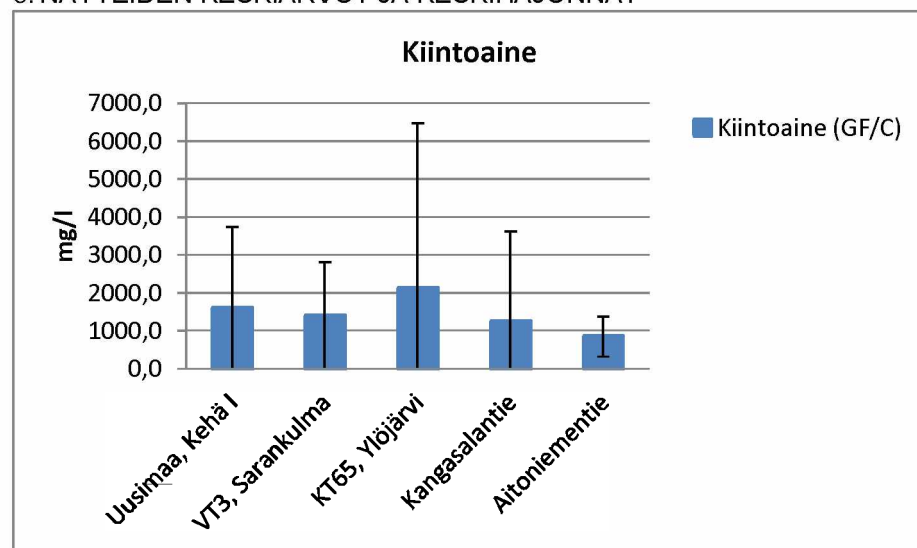
7. SUODATUKSEN VAIKUTUS ERI AINEIDEN PITOISUUKSIIN



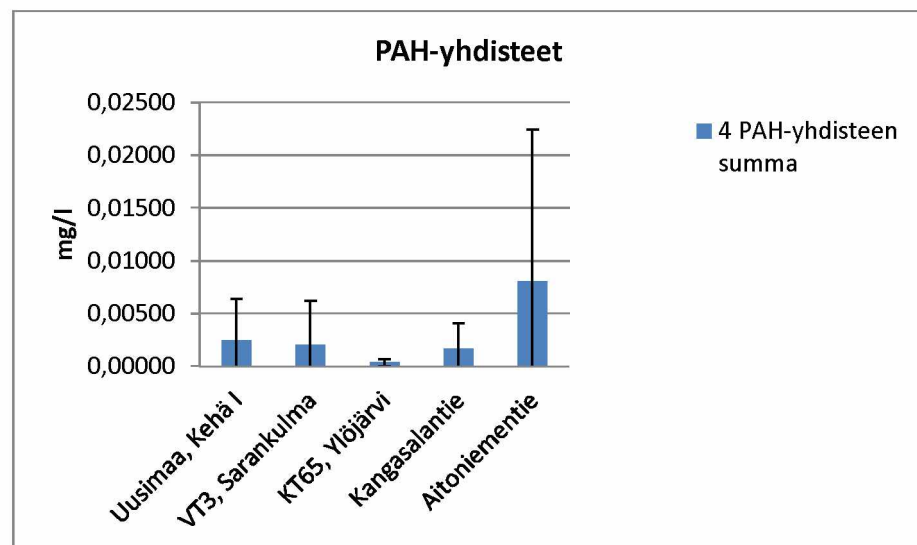
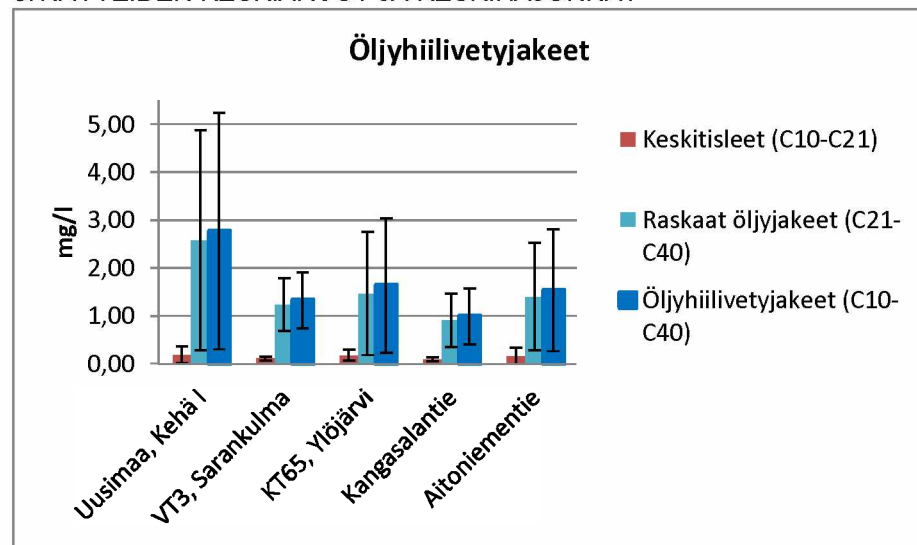
8. NÄYTEIDEN KESKIARVOT JA KESKIHAJONNAT



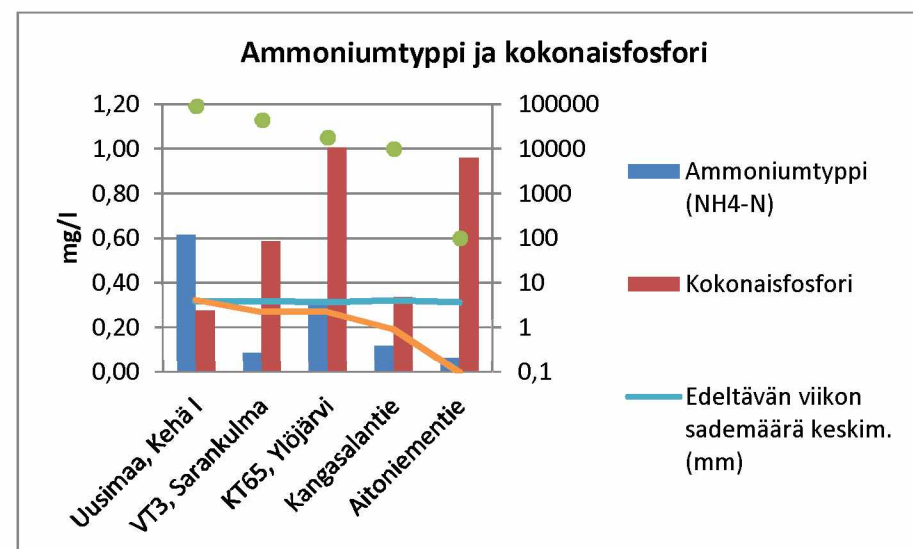
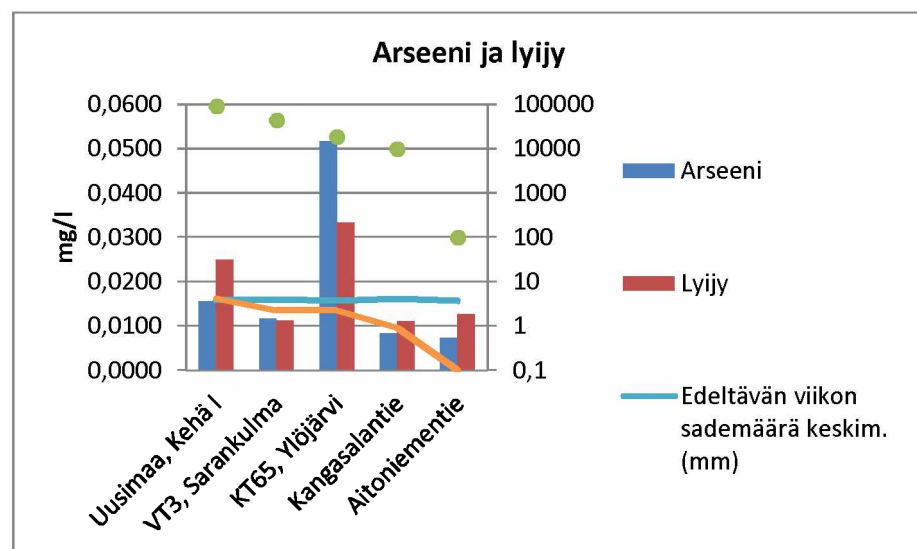
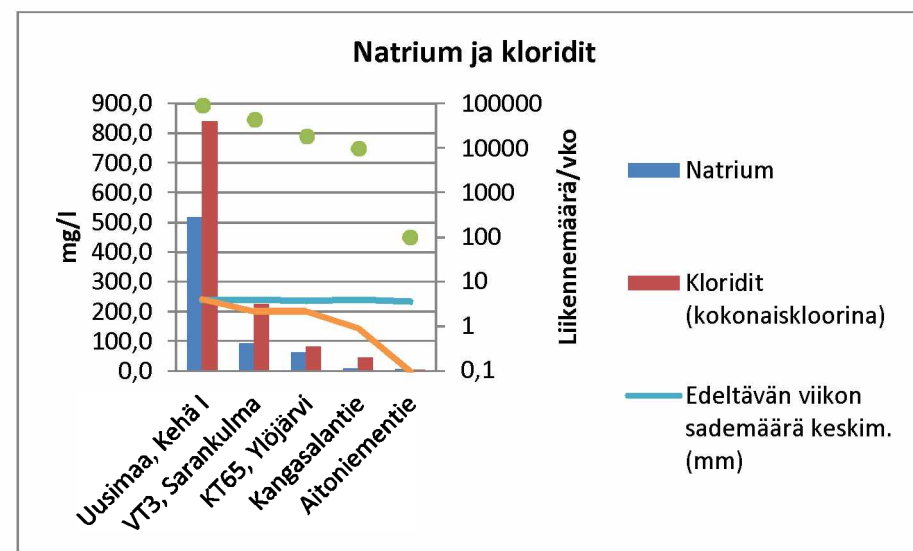
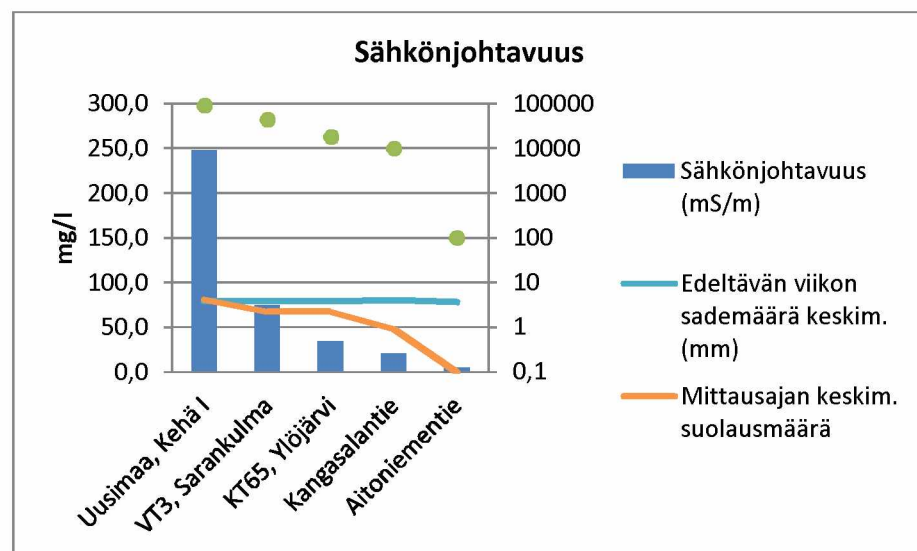
8. NÄYTEIDEN KESKIARVOT JA KESKIHAJONNAT



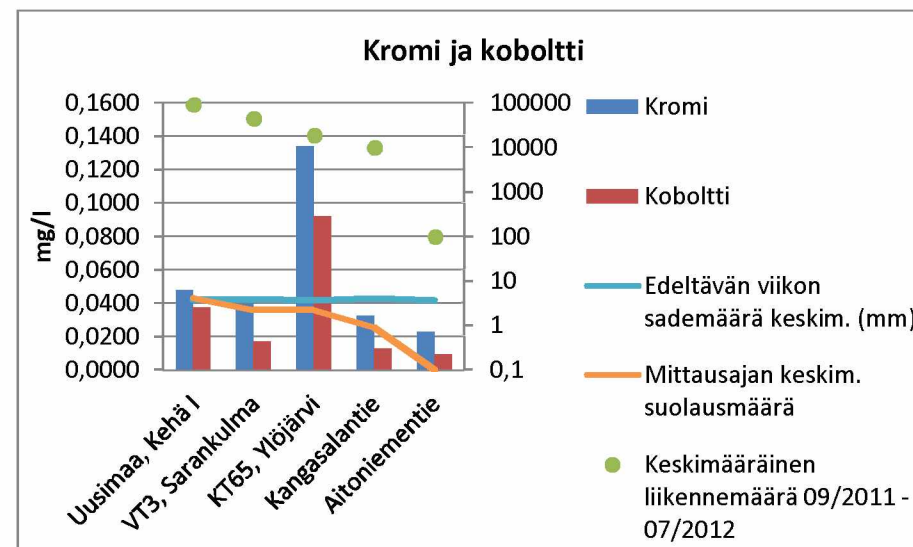
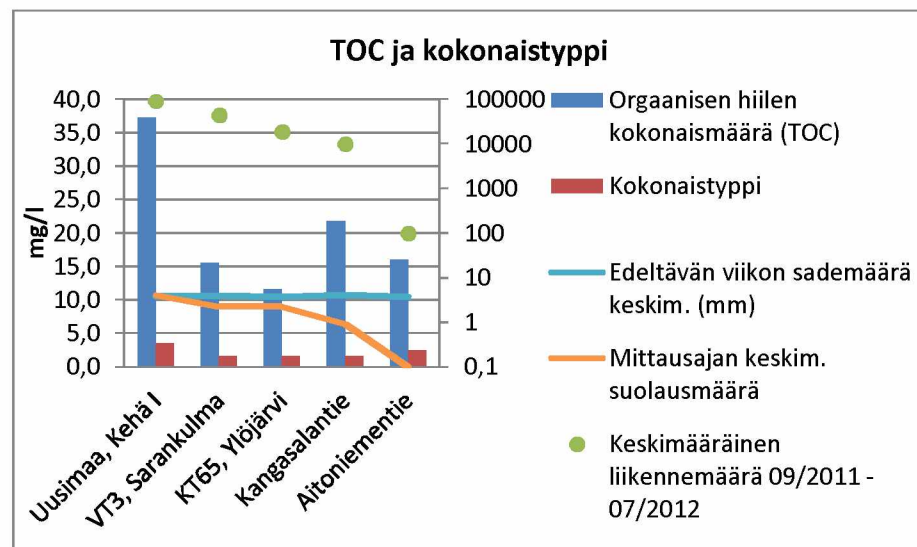
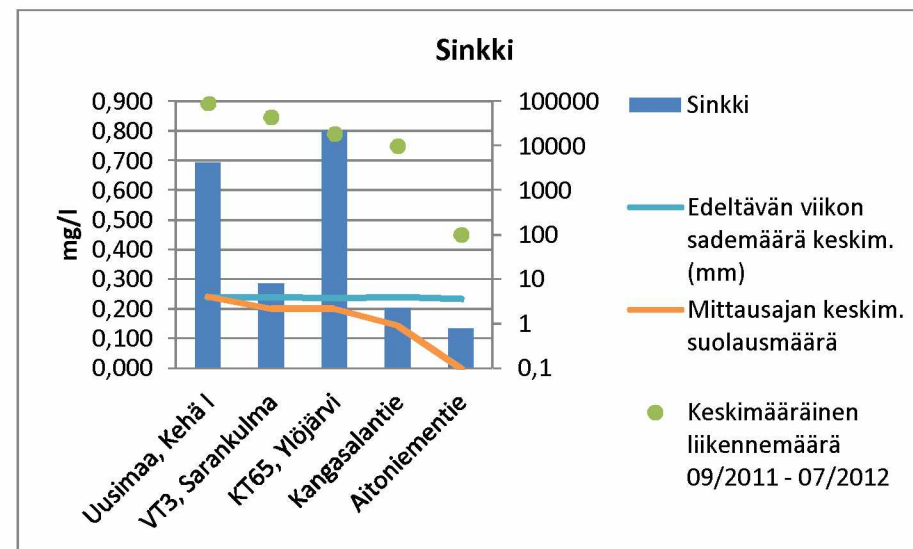
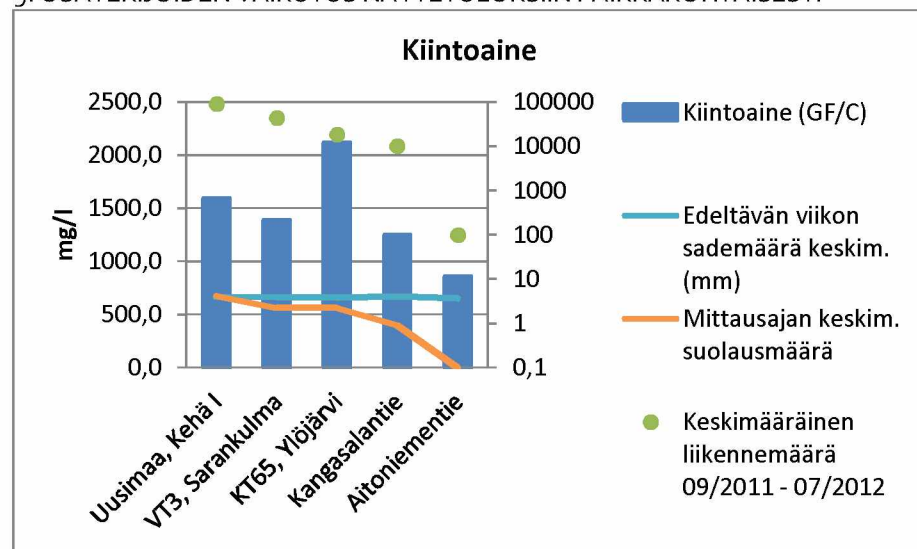
8. NÄYTEIDEN KESKIARVOT JA KESKIAJONNAT



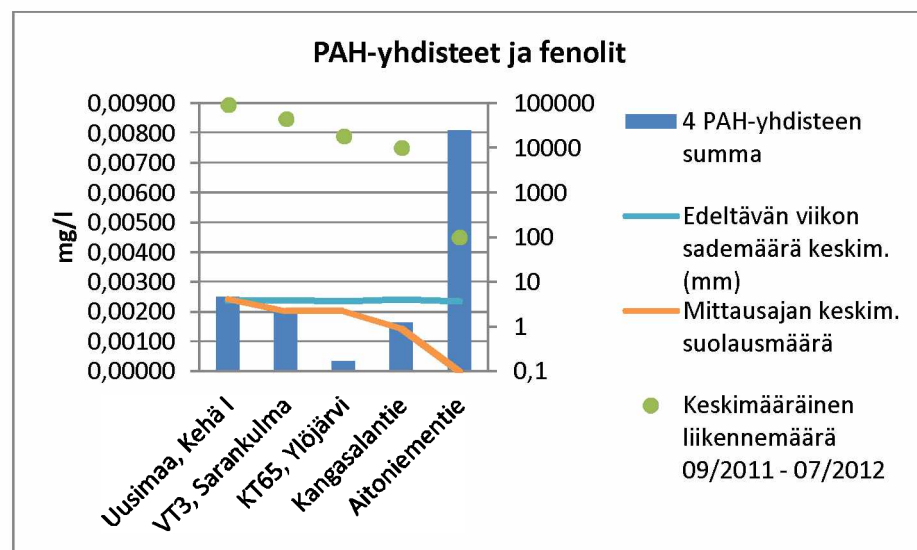
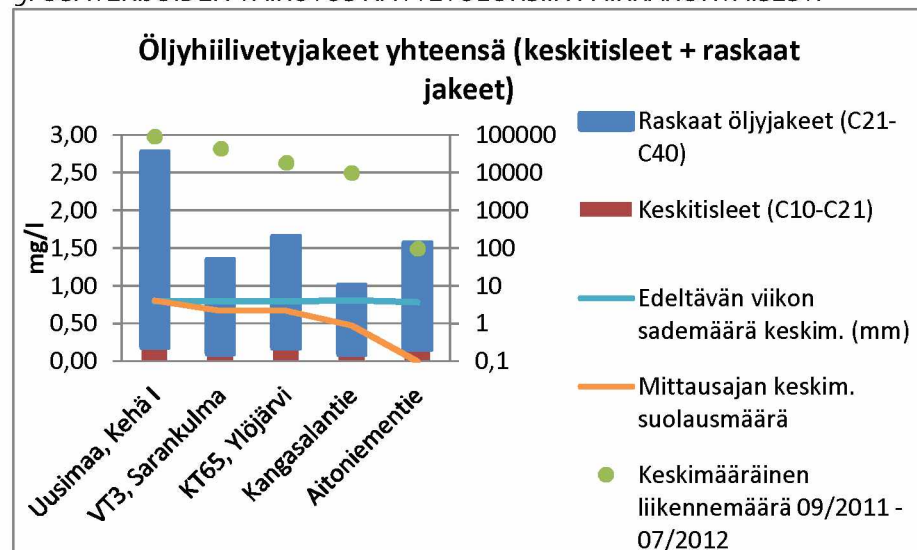
9. OSATEKIJÖIDEN VAIKUTUS NÄYTETULOKSIIN PAIKKAKOHTAISESTI



9. OSATEKIJÖIDEN VAIKUTUS NÄYTETULOKSIIN PAIKKAKOHTAISESTI



9. OSATEKIJÖIDEN VAIKUTUS NÄYTETULOKSIIN PAIKKAKOHTAISESTI



Näytteenottotulokset näytteenottoeroittain – KEHÄ I

Ylittää sekä talousveden laatuvaatimukset ja -suositukset että pohjaveden laatinormit

Ylittää pohjaveden laatuunormit, mutta ei talousveden laatuvaatimuksia eikä - suosituksia

Tyypilliseen pinta- ja pohjaveden laatuun verrattuna koholla oleva pitoisuus, jolle ei ole määritetty laatuvaatimusta, -suositusta tai normia.

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

*Analyyseinä havaittujen aineiden osalta. Havaitut aineet listattu näytteiden tutkimustodistuksissa.

****Riippuu veden kovuusluokasta**

***Summatuloksen normi.

Aineita, jotka tutkittiin, mutta joille ei ollut vertailuparametria:

[illegible]

Näytteenottotulokset näytteenottokerroittain – KEHÄ I														
4-kloori-3-metyylifenoli					< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010
Fenoli					< 0,00050	< 0,00050	0,0027	0,009	0,0018	0,0024	0,008	0,0023	0,0019	0,0014
o-kresoli					< 0,00050	< 0,00050	0,00081	0,0016	0,00077	0,00073	0,0012	0,00056	0,00044	0,0004
m-kresoli					< 0,00050	< 0,00050	0,0012	0,003	0,0011	0,0013	0,0024	0,00096	0,00078	0,00044
p-kresoli					< 0,00050	< 0,00050	0,00029	0,001	< 0,0005	0,00052	0,001	0,0004	0,00033	< 0,0005
bisfenoli A					0,00077	0,00073	0,00076	0,00067	0,00052	0,00027	0,00042	0,00052	0,00045	0,00056
2,4-dimetyylifenoli					< 0,00050	< 0,00050	0,00013	< 0,00050	< 0,00050	< 0,00050	< 0,00050	< 0,00050	< 0,00050	< 0,0005
Resorsinoli					< 0,00020	< 0,00020	< 0,00020	< 0,00020	< 0,00020	< 0,00020	< 0,00020	< 0,00020	< 0,00020	< 0,00020
Dinoseb					< 0,0050	< 0,0050	< 0,0050	< 0,0050	< 0,0050	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Alkyylifenolit ja alkyylifenolietoksylaatit:														
Oktyylifenolit ja oktyylifenolietoksylaatit					< 0,00024	0,00015	0,0021	0,0009	0,00023	0,00015	0,00017			< 0,00045
iso-Nonyylifenolit (4-nonyylifenoli)					< 0,00005	0,0004	0,0063	0,0012	0,0005	0,0017	0,0013			< 0,0005
iso-Nonyylifenoli-monoetoksylaatti					< 0,0002	< 0,0004	0,0018	0,0009	< 0,0002	< 0,0005	< 0,0005			< 0,0002
iso-Nonyylifenoli-dietoksylaatti					< 0,0003	< 0,0015	0,0041	0,0026	< 0,0005	< 0,003	< 0,002			< 0,0003
NP&NPEO (TEQ)					< 0,0003	0,0004	0,0092	0,003	0,0005	0,0017	0,0013			< 0,0006

HUOM!

Pitkän sateen sarjanäytteiden eli näytteen 10/10: A,B,C ja D tulokset erikseen liitteessä 13.

Ylittää pohjaveden laatunormit, mutta ei talousveden laatuvaatimuksia eikä - suosituksia

[illegible]

Näytteenottotulokset näytteenottokerroittain – LÄNTINEN KEHÄ, VT3 SARANKULMA											
Nitriittityppi (NO ₂ -N)			0,15								
Kokonaisfosfori					0,39	1,1	0,25	0,95	0,73	0,63	0,068
Sulfaatti (SO ₄)	150	13 - 15 / 16 - 18		250	1,4	17	9,4	4,1	4,5	4,1	1,9
Kloridit (kokonaiskloorina)	25	5,6 - 7,7 / 8,0 - 10,0		250	3,0	1200,0	320,0	21,0	13,0	12,0	4,9
Raskasmetallit											
Arseeni	0,005		0,01		0,007	0,021	0,013	0,005	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Kadmium	0,0004		0,005		< 0,001	0,0007	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005
Kromi	0,01		0,05		0,035	0,09	0,054	0,013	< 0,005	< 0,005	0,006
Kupari	0,02	0,005 - 0,006 / 0,003 - 0,004	2,0		0,073	0,18	0,091	0,042	0,03	0,039	0,019
Lyijy	0,005	0,001 / -	0,01		0,011	0,034	0,012	0,006	0,002	0,003	< 0,002
Elohopea	0,00006		0,001		< 0,001	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005
Nikkeli	0,01	0,003 / -	0,02		< 0,02	0,055	0,034	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Antimoni			0,005								
Seleen			0,01								
Muut alkuaineet											
Kalsium		13 - 15 / 18 - 25			13,0	170,0	91,0	11,0	11,0	7,3	5,4
Kalium		2,6 - 4,0 / 2,0 - 2,6			5,3	20	18	3,8	2,8	2,4	1,9
Koboltti	0,002				0,009	0,032	0,021	0,006	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Natrium		7 / 5,0 - 5,4		200	3,7	340	270	20	10	8	1,5
Sinkki	0,06	0,030 - 0,050 / 0,070 - 0,080			0,33	0,82	0,38	0,18	0,12	0,1	0,083
Alumiini				0,2							
Mangaani		0,02 / 0,02 - 0,03		0,05							
Boori			1,0								
Magnesium		3,2 - 3,6 / 2,7 - 3,6									
Rauta		0,05 - 0,08 / 0,05									
Öljyhiilivedyt											
Öljyhiilivetyja- keet (C10-C40)	0,05				2,1	1,4	2	1,4	0,71	1	0,62
Keskitisleet (C10-C21)					0,14	0,13	0,16	0,1	0,07	0,09	0,06
Raskaat öljyja- keet (C21-C40)					1,9	1,3	1,9	1,4	0,64	0,93	0,56
Haihtuvat orgaaniset yhdisteet (VOC), halogenoidut hiilivedyt											
Kloorietyleeni (vinyylikloridi)			0,0005								
1,2-dikloorietaani (EDC)	0,0015		0,003		< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005			
Dikloorimetaani (DCM)	0,01				< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001			

Näytteenottotulokset näytteenottokerroittain – LÄNTINEN KEHÄ, VT3 SARANKULMA											
Tetrakloorietyleeni (PER)	0,005***				< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005			
Tetrakloorimeetaani (TCM, hiilitetrakloridi)	0,002										
Trikloorimetaani	0,1										
Trikloorietyleeni (TCE)	0,005***				< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005			
Triklooribentseenit (TCB-yhdisteet)(kaikki isomeerit)	0,0025				< 0,0003	< 0,0003	< 0,0003	< 0,0003			
Tetrakloorieteeni ja trikloorieteeni yhteensä			0,01					< 0,001			
Klooribentseeni	0,003				< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005			
1,2-diklooribentseeni	0,0003				< 0,0003	< 0,0003	< 0,0003	< 0,0003			
1,4-diklooribentseeni	0,0001				< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001			
Hiilitetrakloridi	0,002				< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001			
Haihtuvat orgaaniset yhdisteet (VOC), aromaattiset hiilivedyt											
Tolueeni	0,012				< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001			
Bentseeni	0,005		0,001		< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005			
Ksyleenit	0,01				< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005			
Etyylibentseeni	0,001				< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005			
Haihtuvat orgaaniset yhdisteet (VOC), eetterit											
MTBE	0,0075				< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005			
TAME	0,06				< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005			
Polysykliset aromaattiset hiilivedyt (PAH)											
Antraseeni	0,06							< 0,00001	< 0,00005	< 0,000005	< 0,000005
Polysykliset aromaattiset hiilivedyt (PAH-yhdisteet)											
Bentso(a)pyreeni	0,000005							0,00004	< 0,00005	0,000017	< 0,000005
Bentso(b)fluoranteeni					0,000013	0,0019	0,00022	0,00007	0,00005	0,000023	< 0,000005
Bentso(k)fluoranteeni	Ko. yhdisteiden summa		Ko. yhdisteiden summa		0,000015	0,0026	0,00029	0,00002	0,00005	0,000007	< 0,000005
Bentso(g,h,i)peryleeni					0,000006	0,00086	0,00008	0,00019	0,00011	0,000084	0,00001
Indeno(1,2,3-cd)pyreeni					0,000050	0,005100	0,000570	0,000070	0,000030	0,000022	< 0,000004

Näytteenottotulokset näytteenottokerroittain – LÄNTINEN KEHÄ, VT ₃ SARANKULMA											
Edellisten 4 PAH-yhdisteen summa	0,00005		0,0001		0,000084	0,01046	0,00116	0,00035	0,00024	0,000136	< 0,000024
Fluoranteeni					0,000059	0,0065	0,00071	0,00018	0,00007	0,00007	0,00002
Naftaleeni	0,0013				< 0,00001	0,00013	< 0,0001	0,00003	<0,00005	< 0,00001	< 0,00001
Fenoliset yhdisteet											
Monokloorifenolit (summa)	0,00005				< 0,00006	< 0,00006	< 0,00006	< 0,00006	< 0,00006	< 0,00006	< 0,00006
Dikloorifenolit (summa)	0,0027				< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
Tri-, tetra- ja pentakloorifefolit (summa)	0,005		0,01		< 0,00018	< 0,00018	< 0,00018	< 0,00018	< 0,00018	< 0,00018	< 0,00018
Pentakloorifenoli (PCP)					< 0,00002	< 0,00002	< 0,00002	< 0,00002	< 0,00002	< 0,00002	< 0,00002

*Analyyseissa havaittujen aineiden osalta. Havaitut aineet listattu näytteiden tutkimustodistuksissa.
**Riippuu veden kovuusluokasta
***Summatuloksen normi.

Aineita, jotka tutkittiin, mutta joille ei ollut vertailuparametria:

Parametri	Pohjavesien ympäristön laatu­normi	Tyypillisiä pohja­veden arvoja	Talousveden laatuvaatimukset	Talousveden laatu­suositukset	Näyte­piste 4 - Pirkanmaa (1/10)	Näyte­piste 4 - Pirkanmaa (2/10)	Näyte­piste 4 - Pirkanmaa (3/10)	Näyte­piste 4 - Pirkanmaa (4/10)	Näyte­piste 4 - Pirkanmaa (5/10)	Näyte­piste 4 - Pirkanmaa (6/10)	Näyte­piste 4 - Pirkanmaa (7/10)
Orgaaniset hapot:											
Formiaatti					< 5	< 5	< 5	< 10	< 5	< 5	< 5
Asetaatti					< 5	< 5	< 5	< 10	< 5	< 5	< 5
Propionaatti					< 5	< 5	< 5	< 10	< 5	< 5	< 5
Butyraatti					< 5	< 5	< 5	< 10	< 5	< 5	< 5
Oksalaatti					< 5	< 5	< 5	< 10	< 5	< 5	< 5
Molnaatti					< 5	< 5	< 5	< 10	< 5	< 5	< 5
Sukkinaatti					< 5	< 5	< 5	< 10	< 5	< 5	< 5
Maleaatti					< 5	< 5	< 5	< 10	< 5	< 5	< 5
Ftalaatti					< 10	< 10	< 10	< 20	< 10	< 10	< 10
Haihtuvat hiilivedyt, paketti 1+2:											
Kloroformi					< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001		
Alfa-pineeni					0,001						
Asetoni								< 0,1	< 0,1		
Etanoli								< 5	< 5		
Polyaromaattiset hiilivedyt:											
Asenafteeni					< 0,000005	0,0003	< 0,00005	< 0,00001	< 0,00005	< 0,000005	< 0,000005
Asenaftyleeni					< 0,000005	0,00015	< 0,00005	< 0,00005	< 0,00005	< 0,000005	< 0,000005
Bentso(a)antraseeni					0,000013	0,0013	0,00014	0,00003	< 0,00005	0,000009	< 0,000005
Dibentso(a,h)antraseeni					0,000002	0,00033	0,00008	0,00001	< 0,00001	0,000007	< 0,000001
Fenantreeni					0,000027	0,0043	0,00033	0,00011	0,00005	0,000036	0,00001
Fluoreeni					< 0,000005	0,00037	< 0,00005	0,00001	< 0,00005	< 0,000005	< 0,000005

Näytteenottotulokset näytteenottokerroittain – LÄNTINEN KEHÄ, VT ₃ SARANKULMA											
Kryseeni					0,000017	0,0018	0,00019	0,00005	< 0,00005	0,000023	< 0,000005
Pyreeni					0,00011	0,012	0,0014	0,00031	0,00012	0,00012	0,00002
Fenoliset yhdisteet:											
Fenoli					0,004	0,013	0,022	< 0,010	0,016	0,01	< 0,01
4-kloori-2-metyyliifenoli					< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010
4-kloori-3-metyyliifenoli					< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010
Fenoli					< 0,00050	< 0,00050	0,0027	0,009	0,0018	0,0024	0,008
o-kresoli					< 0,00050	< 0,00050	0,00081	0,0016	0,00077	0,00073	0,0012
m-kresoli					< 0,00050	< 0,00050	0,0012	0,003	0,0011	0,0013	0,0024
p-kresoli					< 0,00050	< 0,00050	0,00029	0,001	< 0,0005	0,00052	0,001
bisfenoli A					0,00077	0,00073	0,00076	0,00067	0,00052	0,00027	0,00042
2,4-dimetyyliifenoli					< 0,00050	< 0,00050	0,00013	< 0,00050	< 0,00050	< 0,00050	< 0,00050
Resorsinoli					< 0,00020	< 0,00020	< 0,00020	< 0,00020	< 0,00020	< 0,00020	< 0,00020
Dinoseb					< 0,0050	< 0,0050	< 0,0050	< 0,0050	< 0,0050	< 0,005	< 0,005
Alkyyliifenolit ja alkyyliifenolietoksy-laatit:											
Oktyyliifenolit ja oktyyliifenolietoksy-laatit					< 0,00024	0,00015	0,0021	0,0009	0,00023	0,00015	0,00017
iso-Nonyyliifenolit (4-nonyyliifenoli)					< 0,00005	0,0004	0,0063	0,0012	0,0005	0,0017	0,0013
iso-Nonyyliifenoli-monoetoksy-laatti					< 0,0002	< 0,0004	0,0018	0,0009	< 0,0002	< 0,0005	< 0,0005
iso-Nonyyliifenoli-dietoksy-laatti					< 0,0003	< 0,0015	0,0041	0,0026	< 0,0005	< 0,003	< 0,002
NP&NPEO (TEQ)					< 0,0003	0,0004	0,0092	0,003	0,0005	0,0017	0,0013

Näytteenottotulokset näytteenottokerroittain,
KT65, YLÖJÄRVI

Ylittää sekä talousveden laatuvaatimukset ja -suositukset että pohjaveden laatinormit
Ylittää pohjaveden laatinormit, mutta ei talousveden laatuvaatimuksia eikä - suosituksia
Tyypilliseen pinta- ja pohjaveden laatuun verrattuna koholla oleva pitoisuus, jolle ei ole määritetty laatuvaatimusta, -suositusta tai normia.

Parametri	Pohjavesien ympäristön	Tyypillisiä pohjaveden arvoja	Talousveden laatu-	Talousveden laatu -	Näytepiste 3 - Pirkanmaa (1/10)	Näytepiste 3 - Pirkanmaa (2/10)	Näytepiste 3 - Pirkanmaa (3/10)	Näytepiste 3 - Pirkanmaa (4/10)	Näytepiste 3 - Pirkanmaa (5/10)	Näytepiste 3 - Pirkanmaa (6/10)	Näytepiste 3 - Pirkanmaa (7/10)
	laatinormi (Vna 1040/2006+muutokset)	Pirkanmaa / Uusimaa	vaatimukset (461/2000)	suositukset (461/2000)	Ylöjärvi, Kantatie 65	Ylöjärvi, Kantatie 65	Ylöjärvi, Kantatie 65	Ylöjärvi, Kantatie 65	Ylöjärvi, Kantatie 65	Ylöjärvi, Kantatie 65	Ylöjärvi, Kantatie 65
	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	1. näyte, 6.10.2011	2. näyte, 21.10.2011	3. näyte, 2.12.2011	4. näyte, 27.4.2012	5. näyte, 11.6.2012	6. näyte, 18.6.2012	7. näyte, 25.6.2012
	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
Yleiset fysikaalis-kemialliset parametrit											
Lämpötila (°C)					-	-	-	-	-		
Sähkönjohtavuus (mS/m)		18 - 20 / 20 - 24		< 250	4,5	16	150	18	7,1	9,4	
pH (-)				6,5 - 9,5	7,2	7,3	7,9	7,2	7,1	6,8	
Hapettuvuus (COD _{Mn} -O ₂)				5,0							
KMnO ₄ Kemiallisesti hapettuvan liuennan aineen suht. määrä		6 / 11									
HCO ₃ Bikarbonaattien (alkaliteetin) jakautuminen		49 - 58 / 90 - 115									
Kokonaiskovuus [°dH]		3,0 / 4,0									
Orgaanisen hiilen kokonaismäärä (TOC)				ei epätavallisia muutoksia	6,68	15	18,0	10	9	11	
Kiintoaine (GF/C)					160	110	11000	360	740	280	
Kokonaistyyppi					0,88	1,3	3,8	1,9	1,3	1	
Ammonium (NH ₄ ⁺)				0,5							
Ammoniumtyyppi (NH ₄ -N)	0,2			0,4	0,210	0,430	0,750	0,260	0,025	0,150	
Nitraatti (NO ₃ ⁻)		3,8 - 5,3 / 1,6 - 2,7	50								

Näytteenottotulokset näytteenottokerroittain – KT65, YLÖJÄRVI											
Nitraattityppi (NO ₃ -N)	11,0		11,0		0,085	0,21	0,038	0,69	0,11	< 0,004	
Nitriitti (NO ₂ ⁻)			0,5								
Nitriittityppi (NO ₂ -N)			0,15								
Kokonaisfosfori					0,16	0,15	4,8	0,22	0,5	0,21	
Sulfaatti (SO ₄)	150	13 - 15 / 16 - 18		250	0,7	1,6	7,7	3,4	1,1	2,4	
Kloridit (kokonaiskloorina)	25	5,6 - 7,7 / 8,0 - 10,0		250	3,0	29	410,0	28,0	4,2	9,5	
Raskasmetallit											
Arseeni	0,005		0,01		0,003	0,002	0,15	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Kadmium	0,0004		0,005		< 0,0005	< 0,0005	0,002	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005
Kromi	0,01		0,05		0,028	0,015	0,86	0,007	0,007	0,01	0,012
Kupari	0,02	0,005 - 0,006 / 0,003 - 0,004	2,0		0,064	0,043	1,2	0,026	< 0,01	0,018	0,015
Lyijy	0,005	0,001 / -	0,01		0,006	0,005	0,15	0,004	< 0,002	0,002	< 0,002
Elohopea	0,00006		0,001		< 0,0005	< 0,0005	0,0007	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005
Nikkeli	0,01	0,003 / -	0,02		< 0,01	< 0,01	0,44	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Antimoni			0,005								
Seleen			0,01								
Muut alkuaineet											
Kalsium		13 - 15 / 18 - 25			6,4	9,3	480,0	9,4	8	7,5	5,5
Kalium		2,6 - 4,0 / 2,0 - 2,6			2,7	3,8	130	2,6	1,1	1,9	1,2
Koboltti	0,002				0,003	0,003	0,36	0,004	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Natrium		7 / 5,0 - 5,4		200	2,6	18	380	22	3,7	3,5	3,1
Sinkki	0,06	0,030 - 0,050 / 0,070 - 0,080			0,2	0,16	5	0,12	0,034	0,057	0,041
Alumiini				0,2							
Mangaani		0,02 / 0,02 - 0,03		0,05							
Boori			1,0								
Magnesium		3,2 - 3,6 / 2,7 - 3,6									
Rauta		0,05 - 0,08 / 0,05									
Öljyhiilivedyt											
Öljyhiilivetyja- keet (C10-C40)	0,05				1,4	4,6	1,4	0,39	1,60	0,43	1,60
Keskitisleet (C10-C21)					0,13	0,36	0,1	< 0,05	0,09	< 0,05	0,23
Raskaat öljyja- keet (C21-C40)					1,2	4,2	1,3	0,36	1,5	0,4	1,3
Haihtuvat orgaaniset yhdisteet (VOC), halogenoidut hiilivedyt											
Kloorietyleeni (vinyylikloridi)			0,0005								

Näytteenottotulokset näytteenottokerroittain – KT65, YLÖJÄRVI

1,2-dikloorietaani (EDC)	0,0015		0,003		< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005			
Dikloorimetaani (DCM)	0,01				< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001			
Tetraklooriety-leeni (PER)	0,005***				< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005			
Tetrakloorime-taani (TCM, hiili-tetrakloridi)	0,002										
Trikloorimetaani	0,1										
Trikloorietyleeni (TCE)	0,005***				< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005			
Triklooribent-seenit (TCB-yhdisteet)(kaikki isomeerit)	0,0025				< 0,0003	< 0,0003	< 0,0003	< 0,0003			
Tetrakloorieteeni ja trikloorieteeni yhteensä			0,01					< 0,0005			
Klooribentseeni	0,003				< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005			
1,2-diklooribentseeni	0,0003				< 0,0003	< 0,0003	< 0,0003	< 0,0003			
1,4-diklooribentseeni	0,0001				< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001			
Hiilitetrakloridi	0,002				< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001			
Haihtuvat or-gaaniset yhdis-teet (VOC), aro-maattiset hiilive-dyt											
Tolueeni	0,012				< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001			
Bentseeni	0,005		0,001		< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005			
Ksyleenit	0,01				< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005			
Etyylibentseeni	0,001				< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005			
Haihtuvat or-gaaniset yhdis-teet (VOC), eet-terit											
MTBE	0,0075				< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005			
TAME	0,06										
Polysykliset aromaattiset hiilivedyt (PAH)											
Antraseeni	0,06							< 0,00001	0,000029	< 0,000005	< 0,000005
Polysykliset aromaattiset hiilivedyt (PAH-yhdisteet)											
Bentso(a)pyreeni	0,000005							0,00004	0,000015	< 0,000005	< 0,000005
Bent-so(b)fluoranteeni					0,00003	0,000059	0,0002	0,00007	0,000008	0,000011	0,000011

Näytteenottotulokset näytteenottokerroittain – KT65, YLÖJÄRVI											
Bent-so(k)fluoranteeni	Ko. yhdisteiden summa		Ko. yhdisteiden summa		0,0003	0,000056	0,00025	0,00002	0,000005	0,000005	< 0,000005
Bent-so(g,h,i)peryleeni					0,00001	0,000028	0,00008	0,00015	0,000006	0,000024	0,000025
Indeno(1,2,3-cd)pyreeni					0,00013	0,00017	0,000380	0,00006	0,000005	0,000009	< 0,000001
Edellisten 4 PAH-yhdisteen summa	0,00005		0,0001		0,00047	0,000313	0,00091	0,0003	0,000024	0,000049	< 0,000042
Fluoranteeni					0,00015	0,00027	0,00063	0,0002	0,00053	0,000026	0,00027
Naftaleeni	0,0013				0,00002	0,00001	< 0,0001	< 0,00002	< 0,00001	< 0,00001	
Fenoliset yhdisteet											
Monokloorifenolit (summa)	0,00005				< 0,00006	< 0,00006	< 0,00006	< 0,00006	< 0,00006	< 0,00006	< 0,00006
Dikloorifenolit (summa)	0,0027				< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
Tri-, tetra- ja pentakloorifefolit (summa)	0,005		0,01		< 0,00018	< 0,00018	< 0,00018	< 0,00018	< 0,00018	< 0,00018	< 0,00018
Pentakloorifenoli (PCP)					< 0,00002	< 0,00002	< 0,00002	< 0,00002	< 0,00002	< 0,00002	< 0,00002

*Analyyseissa havaittujen aineiden osalta. Havaitut aineet listattu näytteiden tutkimustodistuksissa.
**Rippuu veden kovuusluokasta
***Summatuloksen normi.

Aineita, jotka tutkittiin, mutta joille ei ollut vertailuparametria:

Parametri	Pohjavesien ympäristön laatu­normi	Tyypillisiä pohjave­den arvoja	Talousveden laatuvaati­mukset	Talousveden laatusuositu­kset	Näytepiste 3 - Pirkanmaa (1/10)	Näytepiste 3 - Pirkanmaa (2/10)	Näytepiste 3 - Pirkanmaa (3/10)	Näytepiste 3 - Pirkanmaa (4/10)	Näytepiste 3 - Pirkanmaa (5/10)	Näytepiste 3 - Pirkanmaa (6/10)	Näytepiste 3 - Pirkanmaa (7/10)
Orgaaniset hapot:											
Formiaatti					< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Asetaatti					< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Propionaatti					< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Butyraatti					< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Oksalaatti					< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Molnaatti					< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Sukkinaatti					< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Maleaatti					< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Ftalaatti					< 4	< 4	< 10	< 20	< 10	< 10	< 10
Haihtuvat hiilivedyt, paketti 1+2:											
Kloroformi					< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001		
Alfa-pineeni											
Asetoni								< 0,1	< 0,1		
Etanoli								< 5	< 5		

Näytteenottotulokset näytteenottokerroittain – KT65, YLÖJÄRVI											
Polyaromaattiset hiilivedyt:											
Asenafteeni					< 0,00005	< 0,00001	< 0,00005	< 0,00001	0,00012	< 0,000005	< 0,000005
Asenaftyleeni					0,00002	0,00002	< 0,00005	< 0,00001	< 0,00002	< 0,000005	< 0,000005
Bent-so(a)antraseeni					0,00003	0,00006	0,00014	0,00004	< 0,00002	< 0,000005	< 0,000005
Dibent-so(a,h)antraseeni					< 0,00001	0,000014	0,00003	0,00001	< 0,000002	< 0,000004	< 0,000003
Fenantreeni					0,00011	0,00015	0,00014	0,00013	0,00066	0,000026	0,00002
Fluoreeni					0,00002	0,000022	< 0,00005	0,00001	0,00011	< 0,000005	< 0,000005
Kryseeni					0,00004	0,000076	0,00018	0,00007	< 0,00002	0,000009	0,000009
Pyreeni					0,00026	0,00046	0,0011	0,00031	0,00024	0,000038	0,00004
Fenoliset yhdisteet:											
Fenoli					0,01	0,01	0,009	< 0,01	0,016	< 0,01	< 0,01
4-kloori-2-metyylifenoli					< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010
4-kloori-3-metyylifenoli					< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010
Fenoli					0,0011	0,00167	< 0,00050	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005
o-kresoli					0,00052	0,00121	< 0,00050	< 0,00050	< 0,00050	< 0,0005	< 0,0005
m-kresoli					0,00053	0,001	< 0,00050	< 0,00050	< 0,00050	< 0,0005	< 0,0005
p-kresoli					0,00013	0,0003	< 0,00050	< 0,00050	< 0,00050	< 0,0005	< 0,0005
bisfenoli A					0,00042	0,00039	0,00021	0,00028	0,00039	0,00021	0,00022
2,4-dimetyylifenoli					< 0,00050	< 0,00050	< 0,00050	< 0,00050	< 0,00050	< 0,00050	< 0,00050
Resorsinoli					< 0,00020	< 0,00020	< 0,00020	< 0,00020	< 0,00020	< 0,00020	< 0,00020
Dinoseb					< 0,0050	< 0,0050	< 0,005	< 0,0050	< 0,0050	< 0,0050	< 0,0050
Alkyyylifenolit ja alkyyli-fenolietoksylaattit:											
Oktyylifenolit ja oktyyli-fenolietoksylaattit					0,00013	0,0007	< 0,0005	< 0,0045	< 0,00045	< 0,00045	< 0,00049
iso-Nonyylifenolit (4-nonyylifenoli)					< 0,0001	0,0028	< 0,0005	< 0,0001	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002
iso-Nonyylifenoli-monoetoksylaatti					< 0,0001	0,0011	< 0,001	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002
iso-Nonyylifenoli-dietoksylaatti					< 0,0004	0,0022	< 0,001	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0005
NP&NPEO (TEQ)					< 0,0003	0,0044	< 0,0015	< 0,0003	< 0,0003	< 0,0003	< 0,001

Näytteenottotulokset näytteenottokerroittain,
KANGASALANTIE, KANGASALA

Ylittää sekä talousveden laatuvaatimukset ja -suositukset että pohjaveden laatinormit
Ylittää pohjaveden laatinormit, mutta ei talousveden laatuvaatimuksia eikä - suosituksia
Tyypilliseen pinta- ja pohjaveden laatuun verrattuna koholla oleva pitoisuus, jolle ei ole määritetty laatuvaatimusta, -suositusta tai normia.

Parametri	Pohjavesien ympäristön	Tyypillisiä pohjaveden arvoja	Talousveden laatu-	Talousveden laatu -	Näytepiste 2 - Pirkanmaa (1/10)	Näytepiste 2 - Pirkanmaa (2/10)	Näytepiste 2 - Pirkanmaa (3/10)	Näytepiste 2 - Pirkanmaa (4/10)	Näytepiste 2 - Pirkanmaa (5/10)	Näytepiste 2 - Pirkanmaa (6/10)	Näytepiste 2 - Pirkanmaa (7/10)
	laatinormi (Vna 1040/2006+muutokset)	Pirkanmaa / Uusimaa	vaatimukset	suositukset	Kangasalantie	Kangasalantie	Kangasalantie	Kangasalantie	Kangasalantie	Kangasalantie	Kangasalantie
			(461/2000)	(461/2000)	1. näyte, 22.9.2011	2. näyte, 24.11.2011	3. näyte, 2.12.2011	4. näyte, 27.4.2012	5. näyte, 11.6.2012	6. näyte, 18.6.2012	7. näyte, 25.6.2012
	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
Yleiset fysikaalis-kemialliset parametrit											
Lämpötila (°C)					-	-	-	-	-		
Sähkönjohtavuus (mS/m)		18 - 20 / 20 - 24		< 250	2,6	10	97	8,1	5	13	8,9
pH (-)				6,5 - 9,5	6,9	8,4	7,3	8,4	6,6	6,2	6,5
Hapettuvuus (COD _{Mn} -O ₂)				5,0			-				
KMnO ₄ Kemiallisesti hapettuvan liuenneen aineen suht. määrä		6 / 11									
HCO ₃ Bikarbonaattien (alkaliteetin) jakautuminen		49 - 58 / 90 - 115									
Kokonaiskovuus [°dH]		3,0 / 4,0									
Orgaanisen hiilen kokonaismäärä (TOC)				ei epätavallisia muutoksia	6,2	22	12	7,9	11	60	33
Kiintoaine (GF/C)					370	6600	820	200	290	320	90
Kokonaistyyppi					0,79	0,73	1,5	1,6	1,1	4,2	1,7
Ammonium (NH ₄ ⁺)				0,5							
Ammoniumtyyppi (NH ₄ -N)	0,2			0,4	0,025	0,018	0,290	0,330	0,073	0,024	0,077
Nitraatti (NO ₃ ⁻)		3,8 - 5,3 / 1,6 - 2,7	50								
Nitraattityyppi (NO ₃ -N)	11,0		11,0		0,092	210	0,46	0,56	0,28	0,016	0,009
Nitriitti (NO ₂ ⁻)			0,5								

Näytteenottotulokset näytteenottokerroittain – KANGASALANTIE, KANGASALA											
Nitriittityppi (NO ₂ -N)			0,15								
Kokonaisfosfori					0,37	0,36	0,4	0,2	0,29	0,61	0,14
Sulfaatti (SO ₄)	150	13 - 15 / 16 - 18		250	1,3	1,8	7,1	2,3	1,7	9,4	5,2
Kloridit (kokonaiskloorina)	25	5,6 - 7,7 / 8,0 - 10,0		250	1,2	13	280	2,9	3,4	7,9	5,8
Raskasmetallit											
Arseeni	0,005		0,01		0,006	0,018	0,013	0,002	< 0,002	0,002	< 0,002
Kadmium	0,0004		0,005		< 0,001	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005
Kromi	0,01		0,05		0,037	0,093	0,068	0,007	0,009	0,008	0,005
Kupari	0,02	0,005 - 0,006 / 0,003 - 0,004	2,0		0,047	0,11	0,075	0,011	< 0,01	0,035	0,022
Lyijy	0,005	0,001 / -	0,01		0,019	0,026	0,013	0,003	< 0,002	0,003	0,002
Elohopea	0,00006		0,001		< 0,001	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005
Nikkeli	0,01	0,003 / -	0,02		0,022	0,057	0,046	< 0,01	0,011	0,016	0,011
Antimoni			0,005								
Seleen			0,01								
Muut alkuaineet											
Kalsium		13 - 15 / 18 - 25			5,8	34	200	9,3	5,3	11	7,5
Kalium		2,6 - 4,0 / 2,0 - 2,6			6,5	25	32	4,2	2,2	4	2,7
Koboltti	0,002				0,008	0,031	0,028	0,004	< 0,002	0,003	0,002
Natrium		7 / 5,0 - 5,4		200	1,7	9,1	49	2,3	1,1	2,2	1,8
Sinkki	0,06	0,030 - 0,050 / 0,070 - 0,080			0,19	0,51	0,32	0,055	0,1	0,15	0,11
Alumiini				0,2							
Mangaani		0,02 / 0,02 - 0,03		0,05							
Boori			1,0								
Magnesium		3,2 - 3,6 / 2,7 - 3,6									
Rauta		0,05 - 0,08 / 0,05									
Öljyhiilivedyt											
Öljyhiilivetyja- keet (C10-C40)	0,05				1,0	2,0	1,1	0,45	1,40	0,38	0,58
Keskitisleet (C10-C21)					0,06	0,13	0,07	< 0,05	0,17	0,07	0,07
Raskaat öljyja- keet (C21-C40)					0,94	1,9	1,1	0,41	1,2	0,31	0,51
Haihtuvat orgaaniset yhdisteet (VOC), halogenoidut hiilivedyt											
Kloorietyleeni (vinyylikloridi)			0,0005								
1,2-dikloorietaani (EDC)	0,0015		0,003		< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005			
Dikloorimetaani (DCM)	0,01				< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001			

Näytteenottotulokset näytteenottokerroittain – KANGASALANTIE, KANGASALA											
Tetraklooriety- leeni (PER)	0,005***				< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005			
Tetrakloorime- taani (TCM, hiili- tetrakloridi)	0,002										
Trikloorimetaani	0,1										
Trikloorietyleeni (TCE)	0,005***				< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005			
Triklooribent- seenit (TCB- yhdisteet)(kaikki isomeerit)	0,0025				< 0,0003	< 0,0003	< 0,0003	< 0,0003			
Tetrakloorieteeni ja trikloorieteeni yhteensä			0,01					< 0,0005			
Klooribentseeni	0,003				< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005			
1,2- diklooribentseeni	0,0003				< 0,0003	< 0,0003	< 0,0003	< 0,0003			
1,4- diklooribentseeni	0,0001				< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001			
Hiilitetrakloridi	0,002				< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001			
Haihtuvat or- gaaniset yhdis- teet (VOC), aro- maattiset hiilive- dyt											
Tolueeni	0,012				< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001			
Bentseeni	0,005		0,001		< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005			
Ksyleenit	0,01				< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005			
Etyylibentseeni	0,001				< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005			
Haihtuvat or- gaaniset yhdis- teet (VOC), eet- terit											
MTBE	0,0075				< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005			
TAME	0,06										
Polysykliset aromaattiset hiilivedyt (PAH)											
Antraseeni	0,06							0,00024	< 0,00005	< 0,000005	< 0,000008
Polysykliset aromaattiset hiilivedyt (PAH- yhdisteet)											
Bentso(a)pyreeni	0,000005							0,0014	0,00009	0,000028	0,000007
Bent- so(b)fluoranteeni					0,000013	0,00047	0,00023	0,0017	0,0002	0,000071	0,00003
Bent- so(k)fluoranteeni	Ko. yhdisteiden summa		Ko. yhdisteiden summa		0,000032	0,00064	0,00029	0,00065	0,00006	0,000019	0,00001
Bent- so(g,h,i)peryleeni					0,000009	0,00022	0,0001	0,0027	0,00027	0,000096	0,000034
Indeno(1,2,3- cd)pyreeni					0,000061	0,0012	0,00031	0,0018	0,00018	0,000042	< 0,000002

[illegible]

*Analyyseissa havaittujen aineiden osalta. Havaitut aineet listattu näytteiden tutkimustodistuksissa.

****Riippuu veden kovuusluokasta**

***Summatuloksen normi.

Aineita, jotka tutkittiin, mutta joille ei ollut vertailuparametria:

Parametri	Pohjavesien ympäristön laatu­normi	Tyypillisiä pohjave­den arvoja	Talousveden laatuvaatimukset	Talousveden laatusuosituks­et	Näyte­piste 2 - Pirkanmaa (1/10)	Näyte­piste 2 - Pirkanmaa (2/10)	Näyte­piste 2 - Pirkanmaa (3/10)	Näyte­piste 2 - Pirkanmaa (4/10)	Näyte­piste 2 - Pirkanmaa (5/10)	Näyte­piste 2 - Pirkanmaa (6/10)	Näyte­piste 2 - Pirkanmaa (7/10)
Orgaaniset haapot:											
Formiaatti					< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Asetaatti					< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Propionaatti					< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Butyraatti					< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Oksalaatti					< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Molnaatti					< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Sukkinaatti					< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Maleaatti					< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Ftalaatti					< 10	< 10	< 10	< 20	< 10	< 10	< 10
Haihtuvat hiilivedyt, paketti 1+2:											
Kloroformi					< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001		
Alfa-pineeni					-						
Asetoni								< 0,1	< 0,1		
Etanoli								< 5	< 5		
Polyaromaattiset hiilivedyt:											
Asenafteeni					< 0,000005	< 0,00005	< 0,00005	< 0,0001	< 0,00005	< 0,000008	< 0,000005
Asenaftyleeni					0,000006	< 0,0001	< 0,00005	< 0,0001	< 0,00005	< 0,000008	0,000014
Bentso(a)antraseeni					0,000014	0,00043	0,00018	0,001	0,00006	0,000016	0,000009

Näytteenottotulokset näytteenottokerroittain – KANGASALANTIE, KANGASALA											
Dibent-so(a,h)antraseeni					0,000003	0,00009	0,00003	0,00021	0,00003	< 0,000009	< 0,000003
Fenantreeni					0,000049	0,00076	0,0002	0,002	0,00012	0,00011	0,000077
Fluoreeni					0,000006	0,00006	< 0,00005	< 0,0001	< 0,00005	< 0,000005	0,000008
Kryseeni					0,000027	0,00058	0,00021	0,0012	0,00012	0,000049	0,000028
Pyreeni					0,00013	0,0022	0,00089	0,0042	0,0004	0,00025	0,00015
Fenoliset yhdisteet:											
Fenoli					< 0,002	< 0,00002	0,013	< 0,01	0,018	0,032	< 0,01
4-kloori-2-metyylifenoli					< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010
4-kloori-3-metyylifenoli					< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010
Fenoli					0,0011	0,00167	< 0,00050	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005
o-kresoli					0,00052	0,00121	< 0,00050	< 0,00050	< 0,00050	< 0,0005	< 0,0005
m-kresoli					0,00053	0,001	< 0,00050	< 0,00050	< 0,00050	< 0,0005	< 0,0005
p-kresoli					0,00013	0,0003	< 0,00050	< 0,00050	< 0,00050	< 0,0005	< 0,0005
bisfenoli A					0,00042	0,00039	0,00021	0,00028	0,00039	0,00021	0,00022
2,4-dimetyylifenoli					< 0,00050	< 0,00050	< 0,00050	< 0,00050	< 0,00050	< 0,00050	< 0,00050
Resorsinoli					< 0,00020	< 0,00020	< 0,00020	< 0,00020	< 0,00020	< 0,00020	< 0,00020
Dinoseb					< 0,0050	< 0,0050	< 0,005	< 0,0050	< 0,0050	< 0,0050	< 0,0050
Alkyylifenolit ja alkyyli-fenolietoksylaattit:											
Oktyylifenolit ja oktyyli-fenolietoksylaattit					0,00013	0,0007	< 0,0005	< 0,0045	< 0,00045	< 0,00045	< 0,00049
iso-Nonyylifenolit (4-nonyylifenoli)					< 0,0001	0,0028	< 0,0005	< 0,0001	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002
iso-Nonyylifenoli-monoetoksylaatti					< 0,0001	0,0011	< 0,001	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002
iso-Nonyylifenoli-dietoksylaatti					< 0,0004	0,0022	< 0,001	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0005
NP&NPEO (TEQ)					< 0,0003	0,0044	< 0,0015	< 0,0003	< 0,0003	< 0,0003	< 0,001

Näytteenottotulokset näytteenottokerroittain,
AITONIEMENTIE, AITOLAHTI

Ylittää sekä talousveden laatuvaatimukset ja -suositukset että pohjaveden laatinormit
Ylittää pohjaveden laatinormit, mutta ei talousveden laatuvaatimuksia eikä - suosituksia
Tyypilliseen pinta- ja pohjaveden laatuun verrattuna koholla oleva pitoisuus, jolle ei ole määritetty laatuvaatimusta, -suositusta tai normia.

Parametri	Pohjavesien ympäristön	Tyypillisiä pohjaveden arvoja	Talousveden laatu-	Talousveden laatu -	Näytepiste 1 - Pirkanmaa (1/10)	Näytepiste 1 - Pirkanmaa (2/10)	Näytepiste 1 - Pirkanmaa (3/10)	Näytepiste 1 - Pirkanmaa (4/10)	Näytepiste 1 - Pirkanmaa (5/10)
	laatinormi (Vna 1040/2006+muutokset)	Pirkanmaa / Uusimaa	vaatimukset	suositukset	Aitoniementie	Aitoniementie	Aitoniementie	Aitoniementie	Aitoniementie
			(461/2000)	(461/2000)	1. näyte, 6.10.2011	2. näyte, 25.11.2011	3. näyte, 2.12.2011	4. näyte, 27.4.2012	5. näyte, 11.6.2012
	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
Yleiset fysikaalis-kemialliset parametrit									
Lämpötila (°C)					-	-	-	-	-
Sähkönjohtavuus (mS/m)		18 - 20 / 20 - 24		< 250	2,5	9,0	3,9	6,1	4,1
pH (-)				6,5 - 9,5	6,8	7,0	6,8	7,0	6,7
Hapettuvuus (COD _{Mn} -O ₂)				5,0					
KMnO ₄ Kemiallisesti hapettuvan liuenneen aineen suht. määrä		6 / 11							
HCO ₃ Bikarbonaattien (alkaliteetin) jakautuminen		49 - 58 / 90 - 115							
Kokonaiskovuus [°dH]		3,0 / 4,0							
Orgaanisen hiilen kokonaismäärä (TOC)				ei epätavallisia muutoksia	12	18	14	21	15
Kiintoaine (GF/C)					330	540	580	1600	1200
Kokonaistyyppi					1,2	1,9	0,65	5,6	3,1
Ammonium (NH ₄ ⁺)				0,5					
Ammoniumtyyppi (NH ₄ -N)	0,2			0,4	< 0,008	0,15	0,031	0,056	0,018
Nitraatti (NO ₃ ⁻)		3,8 - 5,3 / 1,6 - 2,7	50						
Nitraattityyppi (NO ₃ -N)	11,0		11,0		< 0,004	0,17	0,18	0,45	0,02
Nitriitti (NO ₂ ⁻)			0,5						

Näytteenottotulokset näytteenottokerroittain – AITONIEMENTIE, AITOLAHTI									
Nitriittityppi (NO ₂ -N)			0,15						
Kokonaisfosfori					0,34	0,56	0,2	1,4	2,3
Sulfaatti (SO ₄)	150	13 - 15 / 16 - 18		250	0,67	0,99	0,66	2	0,93
Kloridit (kokonaiskloorina)	25	5,6 - 7,7 / 8,0 - 10,0		250	1,3	15	2	1,5	1
Raskasmetallit									
Arseeni	0,005		0,01		0,006	0,009	0,008	0,006	< 0,002
Kadmium	0,0004		0,005		< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005
Kromi	0,01		0,05		0,037	0,031	0,034	0,007	0,007
Kupari	0,02	0,005 - 0,006 / 0,003 - 0,004	2,0		0,04	0,036	0,034	0,11	< 0,01
Lyijy	0,005	0,001 / -	0,01		0,013	0,019	0,011	0,018	0,002
Elohopea	0,00006		0,001		< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005
Nikkeli	0,01	0,003 / -	0,02		0,015	0,017	0,018	< 0,01	0,031
Antimoni			0,005						
Seleen			0,01						
Muut alkuaineet									
Kalsium		13 - 15 / 18 - 25			5,1	8,3	9,3	11,0	4,0
Kalium		2,6 - 4,0 / 2,0 - 2,6			6,0	6,3	9,7	8,1	2,6
Koboltti	0,002				0,007	0,011	0,009	0,01	< 0,002
Natrium		7 / 5,0 - 5,4		200	1,9	7	11	3	0,9
Sinkki	0,06	0,030 - 0,050 / 0,070 - 0,080			0,15	0,17	0,14	0,14	0,062
Alumiini				0,2					
Mangaani		0,02 / 0,02 - 0,03		0,05					
Boori			1,0						
Magnesium		3,2 - 3,6 / 2,7 - 3,6							
Rauta		0,05 - 0,08 / 0,05							
Öljyhiilivedyt									
Öljyhiilivetyja- keet (C10-C40)	0,05				3,8	1,2	0,92	0,82	0,92
Keskitisleet (C10-C21)					0,36	0,07	< 0,05	0,05	< 0,05
Raskaat öljyja- keet (C21-C40)					3,4	1,1	0,87	0,76	0,88
Haihtuvat orgaaniset yhdisteet (VOC), halogenoidut hiilivedyt									
Kloorietyleeni (vinyylikloridi)			0,0005						
1,2-dikloorietaani (EDC)	0,0015		0,003		< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	
Dikloorimetaani (DCM)	0,01				< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	

Näytteenottotulokset näytteenottokerroittain – AITONIEMENTIE, AITOLAHTI									
Tetraklooriety- leeni (PER)	0,005***				< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	
Tetrakloorime- taani (TCM, hiili- tetrakloridi)	0,002								
Trikloorimetaani	0,1								
Trikloorietyleeni (TCE)	0,005***				< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	
Triklooribent- seenit (TCB- yhdisteet)(kaikki isomeerit)	0,0025				< 0,0003	< 0,0003	< 0,0003	< 0,0003	
Tetrakloorieteeni ja trikloorieteeni yhteensä			0,01					< 0,0005	
Klooribentseeni	0,003				< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	
1,2- diklooribentseeni	0,0003				< 0,0003	< 0,0003	< 0,0003	< 0,0003	
1,4- diklooribentseeni	0,0001				< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	
Hiilitetrakloridi	0,002				< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	
Haihtuvat or- gaaniset yhdis- teet (VOC), aro- maattiset hiilive- dyt									
Tolueeni	0,012				< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Bentseeni	0,005		0,001		< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	
Ksyleenit	0,01				< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	
Etyylibentseeni	0,001				< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	
Haihtuvat or- gaaniset yhdis- teet (VOC), eet- terit									
MTBE	0,0075				< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	
TAME	0,06								
Polysykliset aromaattiset hiilivedyt (PAH)									
Antraseeni	0,06							0,00046	< 0,00005
Polysykliset aromaattiset hiilivedyt (PAH- yhdisteet)									
Bentso(a)pyreeni	0,000005							0,0014	< 0,00005
Bent- so(b)fluoranteeni					0,00029	0,00013	0,0096	0,0018	0,00005
Bent- so(k)fluoranteeni	Ko. yhdisteiden summa		Ko. yhdisteiden summa		0,00003	0,00015	0,012	0,0007	0,00005
Bent- so(g,h,i)peryleeni					0,00014	0,000059	0,0051	0,0018	0,00004
Indeno(1,2,3- cd)pyreeni					0,00029	0,00011	0,0067	0,0014	0,00004

Näytteenottotulokset näytteenottokerroittain – AITONIEMENTIE, AITOLAHTI									
Edellisten 4 PAH-yhdisteen summa	0,00005		0,0001		0,00075	0,000449	0,0334	0,0057	0,00018
Fluoranteeni					0,0007	0,0004	0,0290	0,0042	0,0001
Naftaleeni	0,0013				< 0,00001	< 0,00001	< 0,0002	< 0,0001	<0,00005
Fenoliset yhdisteet									
Monokloorifenolit (summa)	0,00005				< 0,00006	< 0,00006	< 0,00006	< 0,00006	< 0,00006
Dikloorifenolit (summa)	0,0027				< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
Tri-, tetra- ja pentakloorifefolit (summa)	0,005		0,01		< 0,00018	< 0,00018	< 0,00018	< 0,00018	< 0,00018
Pentakloorifenoli (PCP)					< 0,00002	< 0,00002	< 0,00002	< 0,00002	< 0,00002

*Analyyseissa havaittujen aineiden osalta. Havaitut aineet listattu näytteiden tutkimustodistuksissa.

**Riippuu veden kovuusluokasta

***Summatuloksen normi.

Aineita, jotka tutkittiin, mutta joille ei ollut vertailuparametria:

Parametri	Pohjavesien ympäristön laatunormi	Tyypillisiä pohjaveden arvoja	Talousveden laatuvaatimukset	Talousveden laatusuosituks	Näytepiste 1 - Pirkanmaa (1/10)	Näytepiste 1 - Pirkanmaa (2/10)	Näytepiste 1 - Pirkanmaa (3/10)	Näytepiste 1 - Pirkanmaa (4/10)	Näytepiste 1 - Pirkanmaa (5/10)
Orgaaniset hapot:									
Formiaatti					< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Asetaatti					< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Propionaatti					< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Butyraatti					< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Oksalaatti					< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Molnaatti					< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Sukkinaatti					< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Maleaatti					< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Ftalaatti					< 4	< 10	< 10	< 20	< 10
Haihtuvat hiilivedyt, paketti 1+2:									
Kloroformi					< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Alfa-pineeni									
Asetoni								< 0,1	< 0,1
Etanoli								< 5	< 5
Polyaromaattiset hiilivedyt:									
Asenafteeni					0,00003	0,000011	0,00072	0,00019	< 0,00005
Asenaftyleeni					0,00002	0,000008	0,00036	< 0,0001	< 0,00005
Bentso(a)antraseeni					0,00027	0,00015	0,01	0,0014	< 0,00005

Näytteenottotulokset näytteenottokerroittain – AITONIENTIE, AITOLAHTI									
Dibent-so(a,h)antraseeni					0,00005	0,000019	0,0013	0,00024	< 0,00001
Fenantreeni					0,00034	0,00013	0,011	0,0029	0,00007
Fluoreeni					0,00005	0,000017	0,00096	0,00025	< 0,00005
Kryseeni					0,00026	0,00013	0,0085	0,0013	< 0,00005
Pyreeni					0,00055	0,00032	0,022	0,0035	0,00009
Fenoliset yhdisteet:									
Fenoli					0,015	0,006	0,008	< 0,01	< 0,01
4-kloori-2-metyylifenoli					< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010
4-kloori-3-metyylifenoli					< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010
Fenoli					0,0011	0,00167	< 0,00050	< 0,0005	< 0,0005
o-kresoli					0,00052	0,00121	< 0,00050	< 0,00050	< 0,00050
m-kresoli					0,00053	0,001	< 0,00050	< 0,00050	< 0,00050
p-kresoli					0,00013	0,0003	< 0,00050	< 0,00050	< 0,00050
bisfenoli A					0,00042	0,00039	0,00021	0,00028	0,00039
2,4-dimetyylifenoli					< 0,00050	< 0,00050	< 0,00050	< 0,00050	< 0,00050
Resorsinoli					< 0,00020	< 0,00020	< 0,00020	< 0,00020	< 0,00020
Dinoseb					< 0,0050	< 0,0050	< 0,005	< 0,0050	< 0,0050
Alkyylifenolit ja alkyyli-fenolietoksylaattit:									
Oktyylifenolit ja oktyyli-fenolietoksylaattit					0,00013	0,0007	< 0,0005	< 0,0045	< 0,00045
iso-Nonyylifenolit (4-nonyylifenoli)					< 0,0001	0,0028	< 0,0005	< 0,0001	< 0,0002
iso-Nonyylifenoli-monoetoksylaatti					< 0,0001	0,0011	< 0,001	< 0,0002	< 0,0002
iso-Nonyylifenoli-dietoksylaatti					< 0,0004	0,0022	< 0,001	< 0,0002	< 0,0002
NP&NPEO (TEQ)					< 0,0003	0,0044	< 0,0015	< 0,0003	< 0,0003

Käytetyt analyysimenetelmät ja määrittämissrajat

RA4050 VOC (haihtuvat orgaaniset yhdisteet) 1+2 * VESINÄYTE, HS-GC/MSD

HALOGENOIDUT HIILIVEDYT	Määrittämissraja µg/l	AROMAATTISET HIILIVEDYT	Määrittämissraja µg/l
1,1-dikloorietaani	0,5	bentseeni	0,5
1,2-dikloorietaani	0,5	tolueeni	1
1,1,1-trikloorietaani	0,5	m+p-ksyleeni	0,5
1,1,2-trikloorietaani	0,5	o-ksyleeni	0,5
1,1,1,2-tetrakloorietaani	0,5	etyylibentseeni	0,5
1,1,2,2-tetrakloorietaani	1	styreeni	0,5
vinyylikloridi	0,1	propyylibentseeni	0,5
1,1-dikloorieteeni	0,5	isopropyylibentseeni	0,5
cis-1,2-dikloorieteeni	0,5	n-butylibentseeni	0,5
trans-1,2-dikloorieteeni	0,5	tert.butylibentseeni	0,5
trikloorieteeni	0,5	sec.butylibentseeni	0,5
tetrakloorieteeni	0,5	p-isopropyyli-tolueeni	0,5
dikloorimetaani	1	1,2,3-trimetyylibentseeni	0,5
hiilitetrakloridi	1	1,2,4-trimetyylibentseeni	0,5
kloroformi	1	1,3,5-trimetyylibentseeni	0,5
bromidikloorimetaani	1	1,2,3,5-tetrametyylibentseeni	1
dibromidikloorimetaani	1	1,2,4,5-tetrametyylibentseeni	1
bromoformi	1	naftaleeni	1
dibromimetaani	1	bromibentseeni	0,5
bromidikloorimetaani	1	klooribentseeni	0,5
1,2-dibromimetaani	1	1,2-diklooribentseeni	0,3
1,2-diklooripropaani	1	1,3-diklooribentseeni	0,5
2,2-diklooripropaani	1	1,4-diklooribentseeni	0,1
1,3-diklooripropaani	1	1,2,3-triklooribentseeni	0,3
1,2,3-triklooripropaani	5	1,2,4-triklooribentseeni	0,3
1,1-diklooripropeeni	1	1,3,5-triklooribentseeni	0,3
cis-1,3-diklooripropeeni	1	2-klooritolueeni	0,5
trans-1,3-diklooripropeeni	1	4-klooritolueeni	0,5
1,2-dibromi-3-klooripropaani	5		
heksaklooributadieeni	0,5		
ALIFAATTISET HIILIVEDYT	Määrittämissraja µg/l	EETTERIT	Määrittämissraja µg/l
pentaani	100	MTBE (metyyli-tert.butyylieetteri)	0,5
heksaani	100	TAME (tert.amyylimetyylieetteri)	0,5
heptaani	10	ETBE (etyyli-tert.butyylieetteri)	0,5
oktaani	10	etyylibutyylieetteri	0,5
nonaani	10	TAEE (tert.amyylieetteri)	0,5
dekaani	10	DIPE (di-isopropyylieetteri)	0,5
sykloheksaani	1		
2-metyylipentaani	5		
3-metyylipentaani	5		
metyyli-syklopentaani	1		
ALDEHYDIT JA KETONIT	Määrittämissraja mg/l	ALKOHOLIT	Määrittämissraja mg/l
asetoni	0,1	metanoli	100
sykloheksanoni	0,5	etanoli	5
2-sykloheksen-1-oni	0,5	propanoli	1
metyylietyyliketoni	0,1	isopropanoli	1
metyyli-isobutyliketoni	0,1	n-butanoli	1
bentsaldehydi	0,1	2-butanoli	1
Propaani	0,2	isobutanoli	1
Butaani	0,2	tert.butanoli	1
Pentanaali	0,2	1-pentanol	0,5
Heksanaali	0,2	2-pentanol	0,5
Heptanaali	0,2	3-pentanol	0,5
Oktanaali	0,2	1-etoksi-2-propanoli	4
Nonanaali	0,2	3-etoksi-1-propanoli	4
Dekanaali	0,2	1-metoksi-2-propanoli	4
		2-etyyli-1-heksanol	0,1
		2-betoksi-1-heksanol (butyyliglykoli)	10
MUUT	Määrittämissraja µg/l	TERPEENIT	Määrittämissraja µg/l
rikkihappo	2	alfa-pineeni	0,5
Epikloorihydrini	500	beta-pineeni	0,5
		delta-kareeni	0,5
		limoneeni	0,5
MUUT	Määrittämissraja mg/l	ESTERIT	Määrittämissraja mg/l
tetrahydrofuraani	0,05	etyyliasetatti	0,05
1-hekseni	0,01	propyyliasetatti	0,05
1-okteeni	0,01	butyyliasetatti	0,05
		isobutyliasetatti	0,05
		amyliasetatti	0,05
		isoamyliasetatti	0,05

RA4007 FENOLISET YHDISTEET *

Kaasukromatografinen menetelmä, GC/MSD

VESINÄYTE

	Määrittäysraja
	µg/l
2-kloorifenoli	0,02
3-kloorifenoli	0,02
4-kloorifenoli	0,02
2,3-dikloorifenoli	0,02
2,4-dikloorifenoli	0,02
2,5-dikloorifenoli	0,02
2,6-dikloorifenoli	0,02
3,4-dikloorifenoli	0,02
3,5-dikloorifenoli	0,02
2,3,4-trikloorifenoli	0,02
2,3,5-trikloorifenoli	0,02
2,3,6-trikloorifenoli	0,02
2,4,5-trikloorifenoli	0,02
2,4,6-trikloorifenoli	0,02
3,4,5-trikloorifenoli	0,02
2,3,4,5-tetrakloorifenoli	0,02
2,3,4,6-tetrakloorifenoli	0,02
pentakloorifenoli	0,02
4-kloori-2-metyylifenoli	0,1
4-kloori-3-metyylifenoli	0,1
fenoli	0,5
3-metyylifenoli (m-kresoli)	0,5
4-metyylifenoli (p-kresoli)	0,5
2-metyylifenoli (o-kresoli)	0,5
bisfenoli A	0,05
2,4-dimetyylifenoli	0,5
resorsinoli	0,2
Dinoseb (2-(1-metyylipropyli)-4,6-dinitrofenoli)	5

* akkreditoitu menetelmä, mukautuva pätevyysalue

RA4001 NONYYLI- JA OKTYYLIFENOLIT & ETOKSYLAATIT

Kaasukromatografinen menetelmä, GC/MSD

VESINÄYTE

Määrittäysraja

1.1.1.1.1

Yhdiste

µg/l

4-n-Nonyylifenoli	0,05
iso-Nonyylifenolimonooksyalaatti	0,2
iso-Nonyylifenolidietoksyalaatti	0,2
iso-Nonyylifenolit (4-nonyylifenoli)	0,1
NP&NPEO (TEQ)	0,3
4-tert-Oktyylifenoli	0,05

NP&NPEO (TEQ) = $\sum (C_x \times \text{TEF})$, TEF = toksisuusekvivalenttikerroin, C_x = kunkin nonyyylifenolisen yhdisteen pitoisuus (VNA 868/2010).

RA4031 POLYSYKLISET AROMAATTISET HIILIVEDYT (PAH) *

Kaasukromatografinen menetelmä, GC/MSD

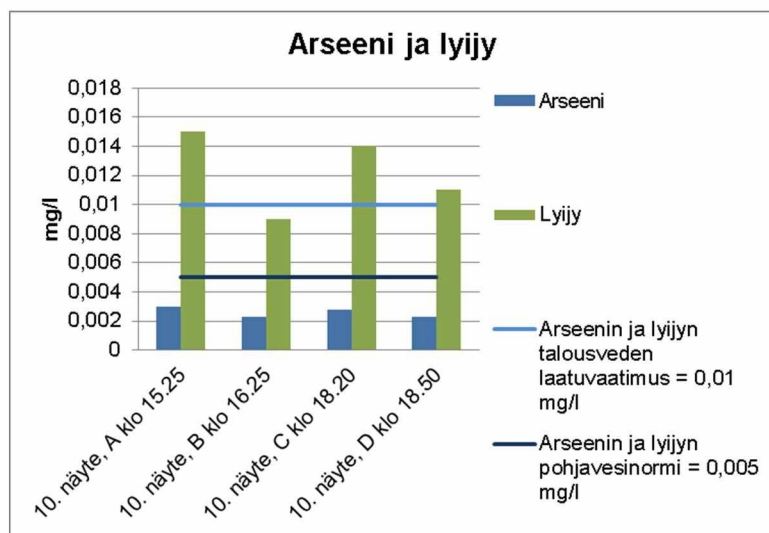
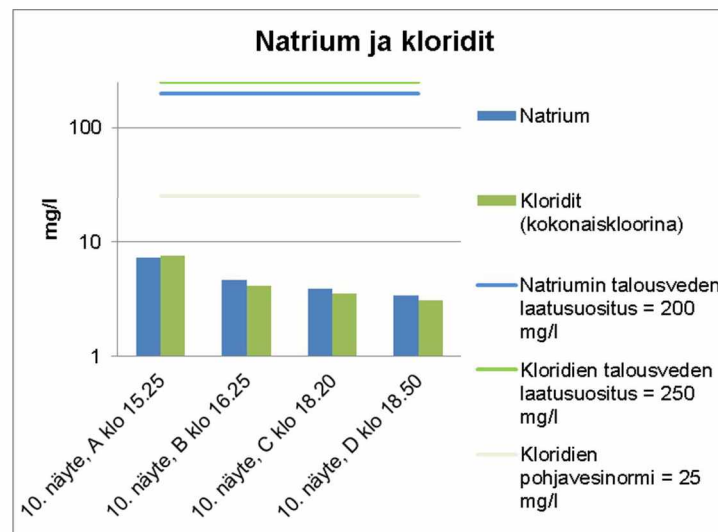
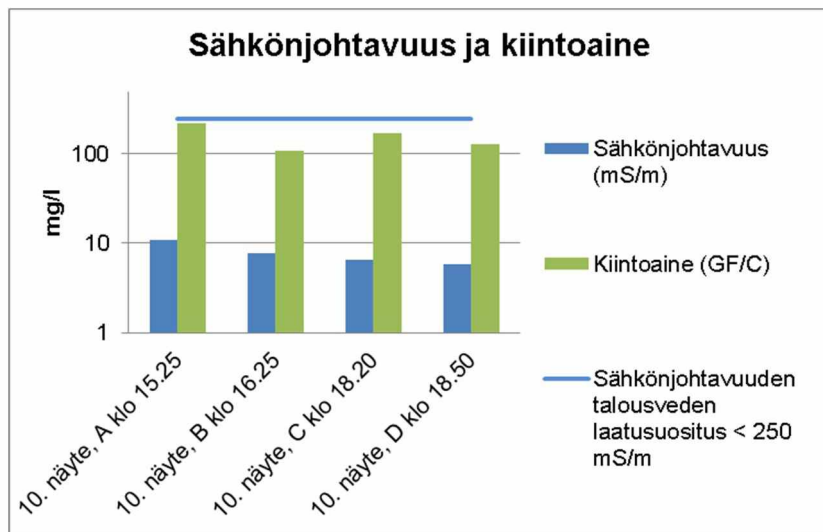
VESINÄYTE

Määrittäysraja**µg/l**

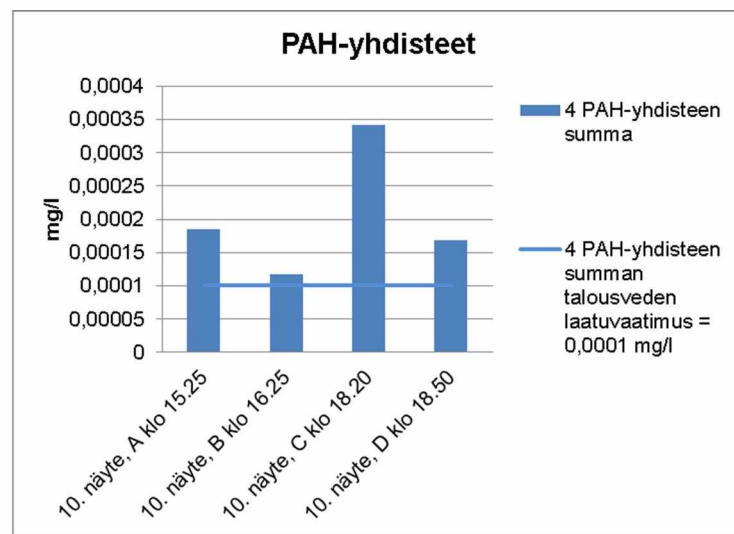
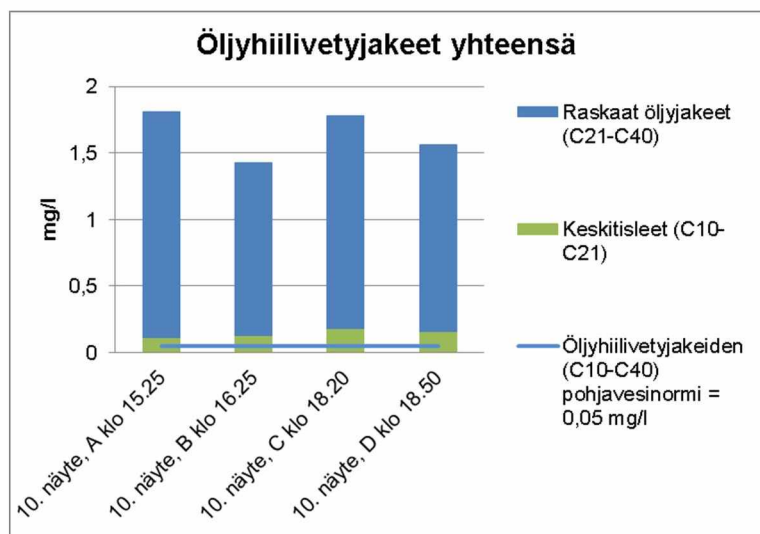
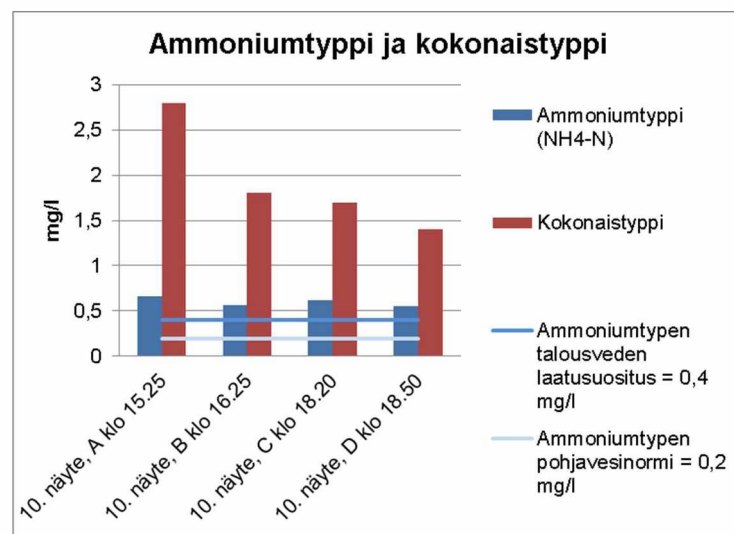
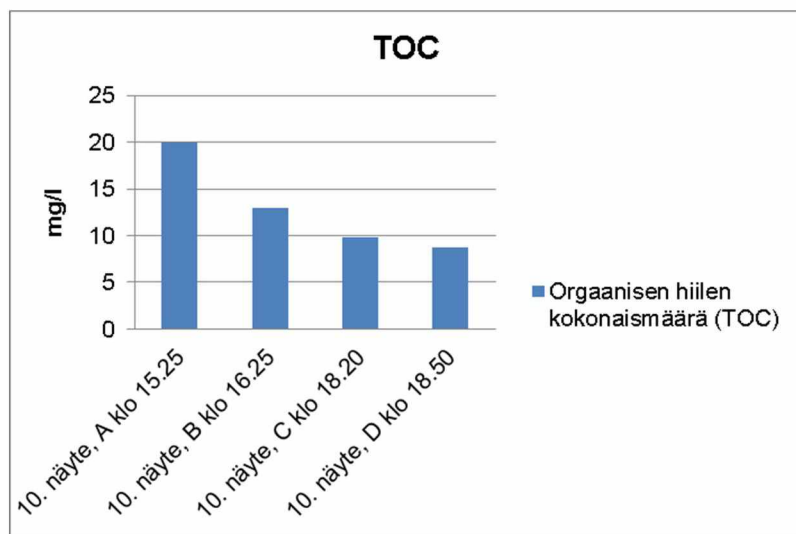
asenafteeni	0,005
asenaftyleeni	0,005
antraseeni	0,005
bentso[a]antraseeni	0,005
bentso[b]fluoranteeni	0,005
bentso[k]fluoranteeni	0,005
bentso[a]pyreeni	0,005
bentso[ghi]peryleeni	0,001
dibentso[a,h]antraseeni	0,001
fenantreeni	0,005
fluoreeni	0,005
fluoranteeni	0,005
kryseeni	0,005
indaani[1,2,3-cd] pyreeni	0,001
naftaleeni	0,01
pyreeni	0,005

* akkreditoitu menetelmä, mukautuva pätevyysalue

Haitta-ainepitoisuuksien muutokset sateen aikana (Kehä I, 19.9.2012)



Haitta-ainepitoisuuksien muutokset sateen aikana (Kehä I, 19.9.2012)



Näytteen 10/10: A,B,C ja D tulokset – KEHÄ I (eli pitkän sateen näytesarja)

Ylittää sekä talousveden laatuvaatimukset ja -suositukset että pohjaveden laatumormit

Ylittää pohjaveden laatumormit, mutta ei talousveden laatuvaatimuksia eikä -suosituksia

Tyypilliseen pinta- ja pohjaveden laatuun verrattuna koholla oleva pitoisuus, jolle ei ole määritetty laatuvaatimusta, -suositusta tai normia.

					KvI 80 000			
Parametri	Pohjavesien ympäristön	Tyypillisiä pohjaveden arvoja	Talousveden laatu-	Talousveden laatu -	Näytepiste Uusimaa (10/10)A	Näytepiste Uusimaa (10/10)B	Näytepiste Uusimaa (10/10)C	Näytepiste Uusimaa (10/10)D
	laatumormi (Vna 1040/2006+muutokset)	Pirkanmaa / Uusimaa	vaatimukset (461/2000)	suositukset (461/2000)	10A. näyte, 19.9.2012	10B. näyte, 19.9.2012	10C. näyte, 19.9.2012	10D. näyte, 19.9.2012
	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
Näytteenottoaika					14.45–15.25	16.15–16.25	18.15–18.22	18.45–18.52
Yleiset fysikaalis kemialliset parametrit								
Lämpötila (°C)					14,6	14,2	12,7	12
Sademäärä (mm)								
Sähkönjohtavuus (mS/m)		18 - 20 / 20 - 24		< 250	11,0	7,7	6,6	5,9
Orgaanisen hiilen kokonaismäärä (TOC)				ei epätavallisia muutoksia	20	13	9,8	8,7
Kiintoaine (GF/C)					220	110	170	130
Kokonaistyyppi					2,8	1,8	1,7	1,4
Ammoniumtyppi (NH ₄ -N)	0,2			0,4	0,66	0,56	0,62	0,55
Kokonaisfosfori					0,25	0,12	0,17	0,12
Kloridit (kokonaiskloorina)	25	5,6 - 7,7 / 8,0 - 10,0		250	7,5	4,1	3,5	3,1
Raskasmetallit								
Arseeni	0,005		0,01		0,003	0,0023	0,0028	0,0023
Kromi	0,01		0,05		0,023	0,018	0,027	0,027
Lyijy	0,005	0,001 / -	0,01		0,015	0,009	0,014	0,011
Muut alkuaineet								
Koboltti	0,002				0,0038	0,0022	0,003	0,0022
Natrium		7 / 5,0 - 5,4		200	7,3	4,6	3,9	3,4
Sinkki	0,06	0,030 - 0,050 / 0,070 - 0,080			0,41	0,23	0,31	0,24
Öljyhiilivedyt								
Öljyhiilivetyjakeet (C10-C40)	0,05				1,8	1,5	1,8	1,5
Keskitisleet (C10-C21)					0,11	0,13	0,18	0,16
Raskaat öljyjakeet (C21-C40)					1,7	1,3	1,6	1,4
Polysykliset aromaattiset hiilivedyt (PAH)								
-Bentso(b)fluoranteeni					0,000033	0,000021	0,000067	0,000034
-Bentso(k)fluoranteeni	Ko. yhdisteiden summa		Ko. yhdisteiden summa		0,000013	0,00001	0,000029	0,000015
-Bentso(g,h,i)peryleeni					0,00011	0,000067	0,00018	0,000093
-Indeno(1,2,3-cd)pyreeni					0,000029	0,000019	0,000066	0,000027
Edellisten 4 PAH-yhdisteen summa	0,00005		0,0001		0,000185	0,000117	0,000342	0,000169

